

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

На правах рукописи

ВЕЛИКИЙ ВАСИЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА
РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ УКРЕПЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА**

Специальность 5.2.3 – «Региональная и отраслевая экономика»
(экономика промышленности)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель
Доктор экономических наук, профессор
Толстых Татьяна Олеговна

Москва – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОТРАСЛИ	19
1.1 Вызовы и тренды в сфере технологического развития металлургической отрасли.....	19
1.2 Цели и задачи политики технологического суверенитета в металлургии России.....	28
1.3. Практики и подходы к технологическому развитию металлургических предприятий в России и за рубежом	39
Выводы по 1 главе	48
2 РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНИВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	51
2.1 Формирование системы показателей оценки технологической независимости предприятий	51
2.2 Организационно-экономическая модель экономического анализа технологических проектов развития металлургических предприятий	64
2.3 Алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования развития предприятий.....	81
Выводы по 2 главе	93
3 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	96
3.1 Оценка эффективности промышленной политики технологического суверенитета	96

3.2 Критериальная оценка технологических проектов развития металлургических предприятий	108
3.3 Организационно-экономический механизм развития металлургических предприятий в условиях укрепления технологического суверенитета	120
Выводы по 3 главе	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	143
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	150
Нормативные правовые акты и документы	150
Международные акты	153
Научные статьи на русском языке	154
Электронные источники на русском языке.....	165
Источники на иностранном языке	170
ПРИЛОЖЕНИЕ А	183
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	184
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	185
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	186
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	187

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В современной глобальной экономике технологический суверенитет стал решающим фактором национальной безопасности и экономической стабильности. Metallургическая промышленность является одной из базовых отраслей промышленного производства и играет значимую роль в обеспечении технологического суверенитета. В России значение металлургических предприятий выходит за рамки их экономического вклада; они играют решающую роль в поддержании и развитии технологических возможностей страны.

Металлургическая промышленность России сталкивается с серьезными проблемами, включая устаревшую инфраструктуру, зависимость от иностранных технологий и ограниченные инвестиции в исследования и разработки (НИОКР). Эти проблемы усугубились санкциями недружественных стран и торговыми ограничениями, которые подчеркнули необходимость опоры на собственные технологические возможности и инновационное развитие. Укрепление технологического суверенитета в этом секторе может смягчить эти риски, гарантируя, что Россия останется конкурентоспособной и устойчивой перед вызовами глобальных экономических изменений.

В контексте металлургической промышленности технологический суверенитет предполагает разработку передовых материалов, технологий автоматизации и эффективных производственных процессов. Это требует согласованных усилий по инвестированию в НИОКР, внедрению современных практик управления и интеграции цифровых технологий.

Стремление к технологическому суверенитету согласуется с национальной политикой, направленной на экономическую модернизацию и инновации, и закреплено в документах стратегического планирования, посвященных научно-технологическому развитию, промышленной политике, цифровой трансформации и экономической безопасности. Такими документами являются: Стратегия

национальной безопасности РФ (Указ Президента № 400), Указ Президента № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», Стратегия научно-технологического развития РФ (Указ Президента № 642), Стратегия развития информационного общества (Указ Президента № 203), Концепция технологического развития до 2030 года (распоряжение Правительства № 1315-р), ФЗ № 488-ФЗ «О промышленной политике в РФ», а также инструменты снижения зависимости от иностранных технологий, такие как Национальная технологическая инициатива (Постановление Правительства № 317) и национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (Постановление Правительства № 234) и др.

Актуальность темы исследования проявляется также в глобальном контексте, где технологическая конкуренция усиливается, что отражается в современных стратегиях и нормативных актах по экономической безопасности, промышленной политике и «устойчивости» цепочек поставок. Например: European Economic Security Strategy (JOIN/2023/20), EU Chips Act (Regulation (EU) 2023/1781), Critical Raw Materials Act (Regulation (EU) 2024/1252), Net-Zero Industry Act (Regulation (EU) 2024/1735), а также CHIPS and Science Act (Public Law 117-167) и Executive Order 14017 “America’s Supply Chains”; аналогичные приоритеты отражены и в документах G7 и ВТО (в т.ч. G7 Hiroshima Leaders’ Communiqué, WTO World Trade Report 2023). Для России опыт достижения технологического суверенитета в металлургическом секторе может быть использован при решении аналогичных задач для других отраслей и стран, способствуя созданию более устойчивой и самодостаточной национальной экономики.

В современной экономике наблюдается объективное противоречие между острой практической потребностью металлургических предприятий в преодолении критических технологических зависимостей и укреплении технологического суверенитета в условиях беспрецедентных внешних ограничений и недостаточной теоретико-методической проработанностью комплексного организационно-экономического механизма, который позволил бы на корпоративном уровне

увязать макроэкономические цели технологической независимости с инструментами оценки технологического потенциала, отбором импортонезависимых проектов и формированием промышленных экосистем.

Выявленное противоречие обуславливает научную задачу исследования, которая заключается в разработке организационно-экономического механизма принятия управленческих решений и методического инструментария оценки технологического развития металлургических предприятий. Решение данной задачи должно обеспечить научно обоснованную увязку интегральной оценки технологического суверенитета с отбором и приоритизацией технологических проектов, прогнозированием сценарных траекторий развития и интеграционным взаимодействием в рамках промышленных экосистем для планомерного снижения критических зависимостей отрасли.

Изложенное выше определяет актуальность, научную и практическую значимость исследования.

Степень научной разработанности темы исследования

Исследование проблем технологического развития и модернизации промышленных предприятий, в том числе предприятий металлургической отрасли, сформировалось на стыке работ по промышленной политике, цифровой трансформации, инновационной активности и стратегическому обновлению производственных систем. Значительный вклад в разработку данных вопросов внесли Анисимов А.Ю., Богомолова Е.В., Буданов И.А., Горшенев С.А., Грабский А.А., Девятко В.А., Елхова А.В., Козлова Е.И., Костюхин Ю.Ю., Мысаченко В.И., Ноговицын М.А., Павлов В.А., Плахотникова М.А., Прохорова И.С., Романова О.А., Самарина В.П., Санин Н.В., Сиротин Д.В., Стоянова И.А., Устинов В.С., Шацкая И.В., Якушова Е.С., Яшалова Н.Н. и др.

Теоретико-методические вопросы технологического суверенитета, технологической независимости, импортозамещения и устойчивости производственно-технологических цепочек раскрыты в работах Абдикеева Н.М., Акбердиной В.В., Афанасьева А.А., Бажанова В.А., Капогузова Е.А., Катукова Д.Д.,

Квинта В.Л., Константинова И.Б., Константиновой Е.П., Костюхина Ю.Ю., Кушнина А.М., Орешко И.И., Потапцевой Е.В., Приходько И.И., Продченко И.А., Сафоновой Ю.Р., Симачева Ю.В., Смородинской Н.В., Федюниной А.А., Цедилина Л.И., Черноусова Д.А., Шацкой И.В., Шерешевой М.Ю., Шкодинского С.В., Alvarez I., Edler J., Leon G., March C., Ponte A., Schieferdecker I. и др.

Методы оценки технологического, инновационного и производственного потенциала предприятий, а также цифровой зрелости и интегральных индикаторов развития исследовались Асташовой Е.А., Глазуновой В.В., Долинской А.Ю., Дурневым С.И., Захаровой Е.В., Казанцевым А.К., Карпухиной Н.Н., Кокуйцевой Т.В., Костюхиным Ю.Ю., Крановым С.Е., Логачевой А.В., Махотаевой М.Ю., Митяковой О.И., Николаевым М.А., Овчинниковой О.П., Погребцовой Е.А., Самариной В.П., Стояновой И.А., Стрижаковой Е.Н., Стрижаковым Д.В., Шацкой И.В., Юревичем М.А., Яшаловой Н.Н., Da Costa P.R., De Souza Meirelles F., Fitz-Oliveira M., Peerally J.A., Pigola A., Tello-Gamarra J. и др.

Проблемам проектного выбора, управления портфелем технологических проектов, оценки технологической готовности и прогнозирования технологических траекторий посвящены труды Levine H.A., Евсеевой М.В., Счисляевой Е.Р., Кожиной Е.В., Сергеевой К.И., Назарова А.В., Шурупова А.С., Культина Н.Б., Суриной А.В., Archer N.P., Ghasemzadeh F., Liesiö J., Kee T., Malo P., Gupta N., Park H., Phaal R., Петрова А.Н., Сартори А.В., Филимонова А.В., Héder M., Manning C.G., Фролова И.Э., Тресорука А.А., Герасимова К.Б., Kim J., Wu X., Algers J., Åhman M., Nilsson L.J. и др.

Вопросы промышленной интеграции, инновационных и промышленных экосистем как организационной основы консолидации ресурсов и компетенций для технологического развития раскрыты в работах Autio E., Thomas L., Adner R., Moore J.F., Клейнера Г.Б., Гамидуллаевой Л.А., Толстых Т.О., Шмелевой Н.В., Молчана А.С., Надаенко А.Ю. и др. Несмотря на значительный вклад указанных авторов, в научной литературе сохраняется недостаточная проработанность комплексного организационно-экономического механизма, позволяющего на уровне

металлургического предприятия увязать оценку технологического суверенитета и технологического потенциала с отбором и приоритизацией технологических проектов в портфеле, прогнозированием траектории технологического развития и формированием промышленной экосистемы. Это предопределило цель, задачи и логику исследования.

Научная идея исследования

Научная идея исследования заключается в том, что использование интегральной оценки технологического суверенитета и технологического потенциала металлургических предприятий в сочетании с портфельной оценкой импортозависимых проектов и формированием промышленных экосистем позволит создать организационно-экономический механизм развития, обеспечивающий обоснованный выбор и реализацию технологических решений, снижение критических технологических зависимостей и укрепление технологического суверенитета.

Цель исследования

Цель состоит в разработке организационно-экономического механизма оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности металлургических предприятий, базирующегося на оценке эффективности достижения предприятиями технологического суверенитета и управления портфелем технологических проектов.

Задачи, которые необходимо решить для достижения цели:

1) Обосновать подход к оценке технологического развития и технологического суверенитета металлургических предприятий на основе сопоставления мировых моделей технологического суверенитета и практик технологического развития зарубежных металлургических компаний.

2) Сформировать систему показателей оценки эффективности политики промышленного развития и разработать интегральный индекс, позволяющий оценивать экономическую эффективность достижения технологического суверенитета и направления реализации промышленной политики.

3) Разработать систему оценки импортнезависимости проектов металлургического предприятия и модель управления портфелем технологических проектов, отражающую сбалансированность экономического, эколого-социального и технологического потенциалов.

4) Предложить подход к реализации политики технологического суверенитета металлургических предприятий через формирование промышленных экосистем с оценкой рисков и эффективности интеграционного взаимодействия.

5) Сформировать алгоритм и организационно-экономический механизм развития предприятий металлургической отрасли, позволяющий проводить оценку прогнозных сценариев технологического развития предприятий на примере металлургии.

Объект исследования

Объектом исследования являются металлургические предприятия России в контексте реализации политики технологического суверенитета.

Предмет исследования

Предметом исследования являются организационно-экономические отношения, возникающие в ходе реализации проектов технологического суверенитета.

Методология и методы исследования

В целях структурирования материала и выделения ключевых взаимосвязей использовались общенаучные методы анализа и синтеза, классификация и группировка, а также логические методы обобщения и интерпретации. Для выявления динамики и закономерностей применялись методы статистического анализа, включая расчет структурных показателей и долей, темпов роста, индексов, а также сопоставительный анализ по странам, товарным группам и периодам наблюдения. Для обработки массивов данных, расчетов и визуализации результатов использовались инструменты табличной аналитики (MS Excel) и программной аналитики на языке Python (в т.ч. библиотека Pandas). Документальный анализ применялся для систематизации и сопоставления нормативно-правовых и

стратегических документов, относящихся к технологическому суверенитету, промышленной и цифровой политике.

В процессе подготовки исследования автором ограничено использовались технологии искусственного интеллекта (Perplexity, DeepL) для первичного поиска релевантных источников и перевода иноязычных источников.

Автор заявляет, что искусственный интеллект не является соавтором работы. Все научные положения, выносимые на защиту, новизна исследования, научные результаты и их интерпретация получены автором самостоятельно. Автор несет полную ответственность за достоверность представленных данных и отсутствие фактических ошибок, которые могли возникнуть в результате работы алгоритмов.

Теоретическая база

Теоретическая база настоящего исследования сформирована на основе анализа отечественных и зарубежных научных публикаций по проблематике технологического развития, промышленной политики, структурных изменений в экономике и трансформации глобальных цепочек поставок.

Информационная база

Информационная база исследования включает официальные статистические и ведомственные источники, международные и национальные базы данных и нормативно-правовые массивы документов. В частности, использовались данные международной торговой статистики (UN Comtrade), сведения таможенной статистики и специализированных отраслевых баз, а также публикации и наборы данных государственных органов России и других стран, международных организаций и частных компаний, а также данные государственных информационных систем (в том числе данные Росстата, Минэкономразвития России, единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), системы «КонсультантПлюс», официального интернет-портала правовой информации, данные государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности, данные World Steel Association, Европейской Комиссии и

Европейского Парламента, National Science Foundation США, National Development and Reform Commission (NDRC) Китая, Press Information Bureau Индии). Нормативно-документальная база сформирована на основе федеральных законов, указов и распоряжений, государственных программ и стратегий, регулирующих вопросы научно-технологического развития, промышленной политики и цифровой трансформации.

Соответствие исследования паспорту специальности

Работа соответствует паспорту научной специальности Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика» (экономика промышленности) (пункты 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности, 2.10. Промышленная политика; 2.11. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий»).

Научная новизна исследования

Научная новизна исследования заключается в формировании авторского комплекса инструментов, формирующего организационно-экономический механизм развития металлургических предприятий, и основанного на интегральной оценке технологического суверенитета и технологического потенциала отдельного предприятия, портфельной оценке проектов, нацеленных на выполнение целей по достижению технологического суверенитета, и формировании промышленных экосистем с той же целью. Важным элементом механизма является связка макро-уровня с уровнем предприятия, что позволяет проводить оценку проектов предприятия и их экономический анализ по вкладу в достижение национальной цели по достижению технологического суверенитета.

К наиболее значимым новым результатам, обладающим научной новизной, относятся следующие (научные результаты):

1) Обоснован подход к оценке технологического развития и технологического суверенитета металлургических предприятий, сформированный на основе

сопоставления мировых моделей технологического суверенитета и практик управления технологическим развитием зарубежных металлургических компаний, отличающийся от них учетом критических технологических зависимостей, технологического потенциала, проектных решений и прогнозной траекторией технологического развития предприятия, позволяющий связать цели государственной политики технологического суверенитета с инструментами диагностики, проектного выбора и управления технологическим развитием предприятия (пункт 2.10 паспорта научной специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика).

2) Сформирована система показателей оценки эффективности политики промышленного развития и разработан интегральный индекс технологического суверенитета, позволяющие оценивать не только общий уровень достижения технологического суверенитета металлургическим предприятием, но и направления реализации промышленной политики, отличающиеся от практикуемых показателей представлением технологического суверенитета как совокупности научно-инновационной, производственно-структурной, импортонезависимой, экспортно-технологической и кадровой составляющих, увязанных в единый индексный показатель с возможностью раскрытия вклада каждой компоненты (пункт 2.2 паспорта научной специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика).

3) Разработана система оценки импортонезависимости проектов металлургического предприятия и модель управления портфелем технологических проектов, позволяющие обосновывать состав и последовательность реализации проектов технологического развития предприятия в портфеле, отличающиеся сбалансированностью экономического, эколого-социального и технологического потенциалов и учетом стратегической значимости проектов, сценарной оценкой результатов, учетом рисков, бюджетных ограничений и «окон возможностей» для реализации в условиях непрерывного производства и ресурсной реализуемости

(пункт 2.11 паспорта научной специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика).

4) Предложен подход к реализации политики технологического суверенитета металлургических предприятий через формирование промышленных экосистем, включающий скрининг участников, оценку влияния интеграции на целевые показатели, определение ролей акторов, экспертную валидацию, оценку рисков, принятие решения, реализацию и мониторинг, отличающийся переходом от общей оценки потенциала промышленного взаимодействия предприятий к оценке вклада участников в достижение целей технологического суверенитета и снижению технологической зависимости в металлургической отрасли, позволяющий обосновывать состав участников промышленной экосистемы, распределение их ролей и конфигурацию интеграционного взаимодействия с учетом ожидаемого эффекта и рисков реализации (пункт 2.10 паспорта научной специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика).

5) Сформирован организационно-экономический механизм реализации проектов развития предприятий металлургической отрасли, включающий алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования сценариев технологического развития, диагностику критических технологических зависимостей, проектный отбор, портфельную приоритизацию, интеграционное взаимодействие, распределение ресурсов, мониторинг и обратную связь, отличающийся последовательной связкой критериев технологического суверенитета и технологического потенциала с выбором проектов, оценкой их ожидаемых эффектов и построением прогнозных траекторий развития предприятия, позволяющий оценивать прогнозные сценарии технологического развития предприятий металлургии и обосновывать экономических управленческих решений для обеспечения укрепления технологического суверенитета. (пункт 2.11 паспорта научной специальности ВАК 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика).

На защиту выносятся следующие научные положения:

1) Оценку технологического развития и технологического суверенитета в РФ на уровне металлургических предприятий следует проводить на основе подхода, обоснованного результатами сопоставления мировых моделей технологического суверенитета и практик технологического развития зарубежных металлургических компаний. Интеграция в рамках этого подхода целей государственной политики технологического суверенитета с внутрикорпоративными инструментами диагностики критических зависимостей, выбора технологических проектов и оценки потенциала позволяет обосновывать управленческие решения и прогнозировать технологическое состояние предприятий в целях определения направлений укрепления технологического суверенитета.

2) Оценку эффективности политики промышленного развития целесообразно проводить с использованием сформированной системы показателей оценки эффективности политики промышленного развития и разработанного интегрального индекса технологического суверенитета, отличающихся учетом научно-инновационной, производственно-структурной, импортонезависимой, экспортно-технологической и кадровой составляющей, что позволяет оценивать экономическую эффективность достижения технологического суверенитета, раскрывать вклад каждой составляющей и определять результативность отдельных направлений промышленной политики в целях обоснования их выбора и корректировки.

3) Формирование портфеля технологических проектов металлургического предприятия следует осуществлять с использованием разработанных системы оценки импортонезависимости проектов и модели управления портфелем, отличающихся и предусматривающих сбалансированный учет экономического, эколого-социального и технологического потенциалов и учетом стратегической значимости проектов, сценарной оценкой результатов, учетом рисков, бюджетных ограничений и «окон возможностей» для реализации в условиях непрерывного производства и ресурсной реализуемости, что позволяет обосновывать состав и

последовательность реализации проектов технологического развития предприятия в портфеле.

4) Реализацию политики технологического суверенитета металлургических предприятий следует осуществлять на основе предложенного подхода к формированию промышленных экосистем, отличающегося и предусматривающего скрининг участников, оценку влияния интеграции на целевые показатели, определение ролей акторов, экспертную валидацию, оценку рисков, принятие решения, реализацию и мониторинг, что позволяет обосновывать состав участников промышленной экосистемы, распределение их ролей и конфигурацию интеграционного взаимодействия с учетом ожидаемого эффекта и рисков реализации в целях преодоления критических технологических зависимостей предприятий и отрасли.

5) Оценку технологического развития предприятий металлургической отрасли следует проводить с использованием сформированных алгоритма и организационно-экономического механизма развития предприятий, отличающихся объединением диагностики критических технологических зависимостей, проектного отбора, портфельной приоритизации, интеграционного взаимодействия, распределения ресурсов, мониторинга и обратной связи, что позволяет оценивать прогнозные сценарии технологического развития предприятий металлургии и обосновывать экономические управленческие решения для обеспечения укрепления технологического суверенитета.

Теоретическая значимость результатов исследования

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии и уточнении теоретико-методических положений, описывающих систему организационно-экономических инструментов оценки технологического развития предприятий металлургической отрасли в контексте обеспечения технологического суверенитета. Полученные результаты расширяют представления о содержании и структуре технологического развития предприятия как объекта управления в условиях усиления технологической конкуренции и трансформации цепочек

поставок, а также позволяют увязать категорию «технологический суверенитет» с задачами модернизации, инновационного обновления и повышения устойчивости производственных систем.

Разработанные теоретические положения и предложенная логика формирования инструментов могут быть использованы для уточнения категориального аппарата, обоснования принципов построения системы показателей и критериев оценки, а также для дальнейшего развития методических подходов к прогнозированию технологической траектории предприятий других отраслей.

Практическая значимость исследования

Практическое значение результатов исследования заключается в возможности использования предложенного инструментария в деятельности металлургических предприятий и различных институтов, например, финансовых или государственных. В частности, разработаны прикладные инструменты, такие как: инструмент оценки уровня достижения технологического суверенитета, инструмент оценки вклада отдельных проектов в достижение целей технологического суверенитета, инструмент оценки технологического потенциала предприятия, инструмент оценки интеграции предприятий в промышленную экосистему для достижения целей технологического суверенитета.

Степень достоверности, апробация и внедрение результатов исследования.

Результаты, выносимые на защиту, высоко достоверны, что аргументируется следующими критериями: системным анализом релевантных современных научных публикаций российских и зарубежных исследователей, применением методик с подтвержденной эмпирической эффективностью.

Материалы исследования могут быть использованы в практической деятельности вертикально интегрированных промышленных холдингов, органов государственной и муниципальной власти, участвующих в капитале предприятий и институциональных инвесторов. В частности, при принятии ими инвестиционных или разрешительных решений может быть использован набор

разработанных инструментов оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности при экономическом анализе или оценке проектов.

Научные положения, сформулированные автором, заслужили поддержку в рамках государственных грантов Российского научного фонда (РНФ): грант РНФ №23-28-01548 <https://rscf.ru/project/23-28-01548/> и грант РНФ №25-28-00445 <https://rscf.ru/project/25-28-00445/>. Основные результаты исследования представлены и обсуждены на научно-практических конференциях: II Международная научно-практическая конференция «Концепция и программно-проектный инструментарий устойчивого социально-экономического развития территориальных систем» (Пенза, 2023); V Международная научно-практическая конференция «Теория и практика стратегирования» (Москва, 2023); VI Международная научно-практическая конференция «Индустриальный Университариум стратега» (Москва, 2023); XIII Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития промышленности России» (Москва, 2023); XIX международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления» (Воронеж, 2024); IV Национальная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы экономики промышленности: поиск и выбор решений» (Москва, 2025); XX международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления» (Воронеж, 2025); XXII Международная конференция «Государственное управление в условиях новых вызовов» (Москва, 2025), XXIII Международная научно-практическая конференция преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов «Промышленное развитие России: проблемы, перспективы» (Нижний Новгород, 2025); Международный научный симпозиум «Неделя горняка – XXXIV» (Москва, 2026); XIX международная научная конференция «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2026); XXI международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов,

территорий и систем регионального и муниципального управления» (Воронеж, 2026); XIII международная научно-практическая конференция «Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия X.0» (Intelligent engineering economics and industry X.0 IEEE_X.0 (INPROM) (Санкт-Петербург, 2026).

Материалы диссертации применяются в деятельности ООО «Металз энд Майнинг Инт» для консультирования предприятий металлургической отрасли и профильных министерств, ФГАУ НИИ «ЦЭПП» для оценки эффективности политики промышленного развития, оценки технологических проектов, ООО «Литейный завод «Стандарт» для оценки технологического потенциала предприятия и проектов, ООО «ПромТехСервис» для оценки проектов импортонезависимости и импортозамещения компании.

Публикация результатов исследования.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ общим объемом 9,36 п. л. (авторский вклад – 3,94 п. л.), в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, общим объемом 3,75 п. л. (личный вклад автора – 1,66 п. л.), а также 1 статья в рецензируемом международном научном издании, индексируемом в базе данных Scopus, объемом 2,05 п. л. (личный вклад автора – 0,51 п. л.). В опубликованных работах полностью отражены основные научные результаты исследования, составляющие научную новизну диссертации.

Объем и структура работы.

Исследование состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 215 наименований, списка сокращений и условных обозначений. Основной текст изложен на 187 страницах, содержит 7 рисунков, 28 таблиц и 19 формул.

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОТРАСЛИ

1.1 Вызовы и тренды в сфере технологического развития металлургической отрасли

Технологическое развитие металлургических предприятий в современных условиях выходит за пределы простого обновления оборудования или локального внедрения отдельных инноваций. Оно формируется под воздействием нескольких взаимосвязанных групп факторов: глобальной технологической трансформации металлургии, декарбонизационной и цифровой повестки, изменения структуры внешних рынков, санкционных ограничений, зависимости от критического оборудования и программного обеспечения, а также внутренних ограничений российской промышленности.

В работах О.А. Романовой и Д.В. Сиротина, М.А. Ноговицына, И.С. Прохоровой, В.С. Устинова и А.В. Елховой, Е.И. Козловой и Е.В. Богомоловой технологическое развитие металлургии рассматривается через призму санкционной адаптации, цифровой трансформации, интеллектуализации производства и изменения отраслевой модели [56; 69; 77–79]. Похожий подход применяется и в работе Костюхина Ю.Ю., в которой выделены шесть групп вызовов и выявлены пути роста для металлургов [60]. В международных исследованиях декарбонизации черной металлургии (или, например, роли угля в мировом энергопереходе) подчеркивается, что переход к низкоуглеродным способам производства стали требует выбора долгосрочных траекторий с учетом состояния площадок, доступности ресурсов, технологической готовности и экономической реализуемости [48]. Для металлургических предприятий технологическое развитие тем самым становится задачей стратегического и проектно-портфельного выбора.

Современная мировая металлургия переживает период структурной трансформации, основное содержание которой состоит в постепенном переходе от доминирования доменно-конвертерного способа (BF-BOF) к расширению производства стали в электродуговых печах (ЭДП/EAF) и производства железа в установках прямого восстановления железа (DRI). По данным World Steel Association, в 2024 г. 70,4% мировой выплавки стали приходилось на кислородно-конвертерный способ, 29,1% – на электродуговые печи и 0,5% – на прочие процессы. В 2023 г. соответствующие показатели составляли 71,1%, 28,6% и 0,3% [209]. Масштаб изменения невелик, однако направление сдвига остается устойчивым на протяжении последнего десятилетия, так, по оценкам отраслевых аналитиков, в 2020 г. доля ЭДП находилась на уровне около 25%. Главный стимул данного сдвига – климатическая повестка. В 2024 г. средний показатель выбросов при производстве стали составил 2,18 т CO₂e на тонну стали, а совокупные выбросы сектора оценивались в 4,1 млрд т CO₂e, из которых около 75% составляли прямые выбросы [150]. На металлургическую отрасль приходится 7-8% глобальных антропогенных выбросов парниковых газов, поэтому она занимает одно из центральных мест в международной декарбонизационной политике.

Наиболее заметным регуляторным инструментом стал Механизм пограничной корректировки углеродных выбросов Европейского союза (EU CBAM). Переходный период CBAM действовал с 2023 по 2025 г., а с 1 января 2026 г. вступил в силу основной режим, предусматривающий постепенное введение платежей за углеродный след импортируемой продукции одновременно с поэтапной отменой бесплатного распределения квот в рамках EU ETS для секторов, охваченных CBAM, в период с 2026 по 2034 г. [144]. Для экспортеров стали на европейский рынок это означает, что стоимость углеродных выбросов стала новым фактором затрат при поставках на европейский рынок. В работе Костюхина Ю.Ю. и Сидоровой Е.Ю. раскрывается влияние зеленых налогов и климатической повестки на состояние российских металлургических предприятий [82].

Параллельно Китай, на долю которого приходится более половины мирового производства стали, в марте-апреле 2025 г. расширил национальную систему торговли выбросами (ETS), включив в нее производство стали, цемента и алюминия, что добавило в систему около 1500 компаний и примерно 3 млрд т CO₂e, доведя охват национального углеродного рынка примерно до 8 млрд т и более 60% совокупных выбросов страны [147]. Первый срок предоставления отчетности установлен на конец 2025 г. и охватывает выбросы за 2024 г.

Практической реализацией декарбонизационных целей являются проекты водородной металлургии, представляющие собой портфель разнообразных технологических маршрутов (цепочек) производства (таблица 1).

Таблица 1 – Основные проекты водородной металлургии в мире

Проект	Технологический маршрут	Масштаб и инвестиции	Статус и сроки
HYBRIT (Швеция)	Greenfield H ₂ -DRI; электролизер 500 МВт; бескоксовое восстановление	~1,2 млн т стали/год; потенциал сокращения 14,3 млн т CO ₂ e за первые 10 лет	Пилот хранилища запущен в 2025 г.; масштабирование привязано к инвестиционным решениям
Stegra (Швеция)	Greenfield интегрированный H ₂ -DRI/EAF; контракты на 8 ТВт·ч электроэнергии	~6,5 млрд евро привлечено к концу 2025 г.; целевая мощность до 2,5 млн т/год	Начало производства планируется с 2026 г.; заявлено сокращение CO ₂ на ~95%
HyREX (POSCO, Южная Корея)	H ₂ -восстановление мелкой руды + электроплавка	Тестовая установка 300 тыс. т/год (~300 млрд вон); установки ЭДП 2,5 млн т (~600-700 млрд вон)	К 2025 г. – пилотная/предкоммерческая стадия
COURSE50 / Super COURSE50 (Nippon Steel, Япония)	Декарбонизация доменного способа через замещение кокса водородом	Госфинансирование увеличено с 193,5 до 449,9 млрд иен (GI Fund)	Снижение выбросов ДП на 33% подтверждено в 2023 г.; демонстрация на крупной ДП с 2026 г.; коммерческая технология к ~2040 г.

Источник: составлено автором по данным [140; 160; 165; 170; 197; 201].

Шведские проекты HYBRIT (совместная инициатива SSAB, LKAB и Vattenfall) и Stegra (ранее H2 Green Steel) реализуют модель строительства новых

предприятий на основе маршрута H2-DRI-EAF; южнокорейский проект HyREX компании POSCO разрабатывает технологию восстановления мелкой руды водородом с последующей электроплавкой; японский COURSE50/Super COURSE50 компании Nippon Steel развивает путь декарбонизации существующих доменных печей посредством частичной замены кокса водородом [140; 160; 165; 170; 197; 201].

Однако между декларируемыми планами и реальными темпами развертывания сохраняется разрыв. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), к 2030 г. мощность действующих установок первичного производства стали с близким к нулю уровнем выбросов составит около 10 млн т, тогда как для траектории, совместимой с целями чистого нуля, необходимо более 100 млн т [195].

Низкоуглеродный технологический маршрут требует не только новых агрегатов, но и иного уровня управляемости производства; поэтому вторым связанным трендом выступает цифровизация металлургического производства. Один из подходов к цифровой трансформации связан с применением цифровых двойников, т.е. интегрированной системы, охватывающей управление процессом, предиктивное обслуживание, оптимизацию загрузки и управление выбросами на уровне всего предприятия. Среди признанных лидеров выделяются Tata Steel (три завода включены в сеть «маяков» Всемирного экономического форума Global Lighthouse Network), China Baowu, POSCO и ArcelorMittal [196]. Так, коммерческая демонстрация технологии HyCROF компании China Baowu показала сокращение потребления ископаемого топлива на 27%, увеличение выработки на 19% и снижение углеродных выбросов на 16%. На заводе ArcelorMittal в Генте система мониторинга на основе ИИ за 12 месяцев выявила 27 неисправностей до их наступления и предотвратила 31 час простоя [196].

Третий тренд связан с новыми материалами и перспективными сталями. Ведущие производители концентрируются на разработке высокопрочных сталей с улучшенными прочностными характеристиками, включая предел текучести:

JFE Steel представила первую в мире конструкционную сталь класса TS780 МПа с низким отношением предела текучести к пределу прочности для сейсмостойких конструкций; POSCO разработала сталь для горячей штамповки с покрытием AlSi прочностью 2 ГПа с содержанием водорода ниже 0,1 ppm и максимальным углом гиба 53° вместо $26,5^\circ$ для стандартного материала [196]. Порошковая металлургия и аддитивные технологии развиваются параллельно, но пока не заменили массовое производство, находя применение в области ремонта, запасных частей и изделий сложной геометрии [213].

Четвертый тренд связан с циркулярной экономикой. Ее главное ограничение – физическая доступность лома. По данным ОЭСР и аналитических организаций, лом обеспечивает около 30% общего потребления железа, тогда как сценарии декарбонизации требуют повышения этой доли до 45-50% к 2050 г. [207]. Китай, как крупнейший производитель стали, установил целевой показатель использования лома в 320 млн т к 2025 г., однако фактическое потребление в 2024 г. составляло около 214 млн т, что свидетельствует о сохраняющихся ограничениях в системе сбора, сортировки и ценообразования [148].

Для российских металлургических предприятий перечисленные глобальные тренды накладываются на специфические ограничения периода 2022-2025 гг., когда геополитические ограничения изменили доступ к рынкам, оборудованию, программному обеспечению и сервисной поддержке. Рассматриваемые санкционные ограничения включали две группы, такие как экспортный контроль на промышленные товары, изделия двойного назначения и передовые технологии; ограничения в области промышленного программного обеспечения и связанных с ним услуг. Например, в работе Самариной В.П. раскрываются перспективы выхода отрасли из сложившейся ситуации [80].

Европейский Союз с 18 декабря 2023 г. Приложение XXXIX установил запрет на поставку российским предприятиям программного обеспечения для управления предприятием и проектирования/производства: ERP, CRM, BI, SCM, EDW, CMMS, PLM, систем управления проектами, а также инструментов

проектирования и производства (BIM, CAD, CAM, ETO), включая техническую поддержку и обновления [161]. На стороне США с 12 июня 2024 г. Управление по контролю за иностранными активами (OFAC) и Бюро промышленности и безопасности (BIS) ограничили IT-поддержку, облачные сервисы, обновления, консультирование, а BIS одновременно расширил перечень контролируемых промышленных позиций на 522 кода HS-6 [18; 20].

Значение «софтверных» запретов для металлургии трудно переоценить. Многие металлургические предприятия для управления многими процессами используют проприетарные системы иностранных разработчиков. Так, по данным российских отраслевых обзоров, к 2024 г. 98% проектов в металлургии, нефтегазовом секторе и химической промышленности по-прежнему использовали иностранное программное обеспечение в средах АСУ ТП, при этом решения Siemens присутствовали примерно в 80% таких проектов [123].

На ограничения в поставках оборудования российские предприятия отреагировали быстрее. Согласно отраслевым обзорам, до 2022 г. цепочка поставок зависела от оборудования из «недружественных» стран: агломерационное и доменное оборудование, нагревательные печи, прокатные станы, валки, линии нанесения покрытий. К 2024 г. российские предприятия приобрели оборудование для металлургии и машиностроения на сумму около 2,9 млрд долл., из которых около 2,7 млрд долл. пришлось на Китай; доля Китая в российском импорте станков превысила 60% по стоимости, а в отдельных сегментах выросла с примерно 20% до 2022 г. до около 70% в 2023 г. [101]. Зависимость от ЕС и США в поставках оборудования снизилась, однако во многих случаях ее заменила зависимость от китайских поставщиков.

Оценка качества китайского оборудования неоднозначна. Китайские решения часто конкурентоспособны по цене и в ряде классов оборудования технически сопоставимы с европейскими аналогами. При этом сохраняются слабые сервисные экосистемы, длительные циклы переговоров, логистические затруднения, неравномерное качество и трудности с наиболее требовательными

прецизионными изделиями, к которым предъявляются наиболее строгие требования по качеству. В категориях, где замещение остается наиболее сложным, российские эксперты выделяют прецизионные гидравлические сервоклапаны, кассетные подшипники для прокатных клетей, датчики, контроллеры и метрологические системы для АСУ ТП [101]. Поэтому для управления проектами технологического развития в условиях санкций нужны критерии оценки подобных зависимостей.

Экспортная география российской металлургии также изменилась. Для многих видов продукции высоких переделов европейский рынок был в значительной мере утрачен, тогда как полуфабрикаты и чугун сохранили частичные каналы поставок благодаря исключениям и квотам. Совокупный экспорт российской стали в 2024 г. составил около 20,2 млн т, что на 19,5% ниже предыдущего года и почти на 40% ниже уровня 2021 г. При этом, по зеркальным данным ЕС, Евросоюз по-прежнему импортировал 5,34 млн т российской железной и стальной продукции стоимостью более 2,5 млрд евро в 2024 г. [115]. В то же время для некоторых продуктов квота ЕС снижается, например, на российский чугун в 2024 г. она составляла 1,14 млн т, сокращается до 700 тыс. т в 2025 г. и полностью обнуляется в 2026 г. [17].

Механизм СВМ усиливает стратегическое давление на российских экспортеров. По оценке автора, Россия в рамках СВМ является одним из наиболее уязвимых экспортеров к 2030 г. Совокупность экспортных ограничений и углеродных платежей меняет экономическую среду: конкурентоспособность российской металлургии в долгосрочном периоде будет зависеть от себестоимости производства и от уровня технологического развития, который определяет углеродоемкость продукции.

По оценкам экспертных институтов на базе данных Росстата, средний возраст оборудования в российской металлургии составляет около 18 лет, что заметно выше, чем в более «молодых» обрабатывающих секторах, таких как пищевая и легкая промышленность, где средний возраст оборудования оценивается

примерно в 10 лет. Исследования НИУ ВШЭ также указывают, что старение машин и оборудования в промышленности выступает барьером для роста производительности и требует технологического обновления [105; 117]. Международные агентства указывают на средний возраст доменных печей в России около 20-25 лет при примерно 10 годах в ЕС [168].

Сегмент автоматизации особенно чувствителен: даже после усилий по замещению в 2022-2025 гг. импортное оборудование составляет около 50% закупок в металлургии. Российский рынок АСУ ТП в 2024 г. достиг 124 млрд руб., но доля отечественной продукции составляла лишь 25-27%, что подтверждает системную зависимость от иностранных архитектур и инженерных знаний [119].

Локализация производства отдельных видов продукции подтверждает, что замещение возможно, но неравномерно. Российские производители освоили серийное производство промышленных печей, роликовых узлов, валков, редукторов и ряда огнеупорных материалов; были также объявлены инвестиционные проекты в огнеупорном производстве с участием китайского капитала [58]. Важно отметить именно смешанный характер замещения: технологическая независимость достигается через отечественные производственные кластеры, интеграцию азиатских поставщиков и выборочную со-локализацию, а не через полную автаркию.

Кадровый дефицит также ограничивает модернизацию. Наиболее дефицитны инженерные и цифровые специалисты: инженеры автоматизации, специалисты по системам управления, проектировщики, сервисные инженеры и технологи-металлурги [49]. Даже оборонно-промышленный комплекс публично признавал кадровый дефицит порядка 30-35% от потребности в 2024 г., при активном перетоке кадров из гражданских секторов; рост заработных плат в 2024-2025 гг. был особенно выраженным в секторах, связанных с государственным заказом, включая металлургию, машиностроение и узкие цифровые специальности [31]. Такая конкуренция замедляет модернизацию, эти же специалисты необходимы для реинжиниринга АСУ ТП, интеграции замещающего оборудования и

валидации процессных изменений, а рост фонда оплаты труда сужает доступный инвестиционный ресурс.

Внутренний спрос также ограничивал технологическое развитие в 2024-2025 гг. В октябре 2024 г. генеральный директор «Северстали» Александр Шевелев заявил, что спрос на сталь в России может снизиться на 5-7% по итогам 2024 г., поскольку высокая стоимость заимствований вынуждает клиентов откладывать инвестиционные проекты; основными пострадавшими секторами назывались строительство и машиностроение. По итогам 2024 г. «Северсталь» подтвердила снижение спроса на 5,7%. В первой половине 2025 г. признаков устойчивого восстановления спроса еще не наблюдалось: отраслевые оценки указывали на дальнейшее снижение, а аналитики связывали возможное восстановление с понижением ключевой ставки до 14-15%, тогда как на 2025 г. ожидался более высокий уровень ставки – порядка 16-17% к концу года или выше в среднегодовом выражении [32; 122].

Динамика производства подтверждает общую картину. Производство стали в России достигло предсанкционного пика в 77,5 млн т в 2021 г.; затем снизилось на 8,7% в 2022 г., выросло на 5,9% в 2023 г. и вновь упало на 6,6% в 2024 г. В стоимостном выражении отгрузки черной металлургии в 2024 г. составили 5,918 трлн руб. (+1,5% к предыдущему году), что указывает на частичную компенсацию физического спада ценовым фактором [102]. Объединяя сказанное, можно систематизировать вызовы по трём основным уровням (таблица 2).

Таблица 2 – Систематизация вызовов технологического развития металлургии

Уровень вызовов	Основные проявления	Последствия для предприятий
1	2	3
Глобальные технологические	Сдвиг к производству с использованием ДСП/ГБЖ (EAF/DRI); декарбонизация и водородная металлургия; цифровизация; новые материалы; циркулярная экономика	Потребность в выборе технологической траектории; рост инвестиционных требований; усиление конкуренции по углеродоемкости продукции

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Геополитические	Санкции на оборудование и программное обеспечение (ПО); переориентация на китайских поставщиков; утрата европейских экспортных рынков; механизм трансграничного углеродного регулирования (СВАМ)	Ограничение доступа к технологиям; риск формирования новой зависимости; сужение экспортных каналов; рост углеродных издержек
Внутренние	Износ основных фондов; зависимость от импортного программного обеспечения автоматизированных систем управления технологическим процессом (ПО АСУ ТП); кадровый дефицит; сжатие внутреннего спроса	Высокая потребность в капитальных вложениях при ограниченном инвестиционном ресурсе; замедление модернизации; нестабильность загрузки мощностей

Источник: составлено автором

Совокупность выявленных вызовов показывает, что технологическое развитие металлургического предприятия нельзя оценивать только по масштабу инвестиций или факту внедрения новой технологии. В условиях декарбонизации, цифровизации, санкционных ограничений и зависимости от критического оборудования и программного обеспечения на первый план выходят выбор технологической траектории, оценка уязвимостей, состояние внутренних компетенций, сопоставление проектов между собой и прогноз их влияния на будущий технологический потенциал предприятия. Эти требования ведут от отраслевого описания проблем к анализу институциональных условий технологического развития, прежде всего политики технологического суверенитета.

1.2 Цели и задачи политики технологического суверенитета в металлургии России

В российском государственном дискурсе «технологический суверенитет» закреплён как категория в ряде различных документов. В Концепции технологического развития до 2030 г. он определяется как наличие в стране под

национальным контролем критических и сквозных технологий, необходимых для устойчивого функционирования и развития экономики и обеспечения благосостояния граждан [12]. В этом же документе технологический суверенитет отграничивается от технологического лидерства, понимаемого как превосходство в технологиях и построенных на них продуктах. Данное разграничение важно: суверенитет задает минимально необходимое условие контролируемости среды и устойчивости, тогда как лидерство фиксирует амбицию опережающего развития в выбранных технологических сегментах.

В работах Е.В. Потапцевой и В.В. Акбердиной технологический суверенитет рассматривается как система условий (содержание) и форм его реализации, объединяющая институциональные, организационные и экономические условия [74]. А.А. Афанасьев акцентирует сущность, цели и механизм достижения технологического суверенитета преимущественно на уровне государства и промышленной политики [27]. Е.А. Капогузов и М.Ю. Шерешева показывают смещение дискурса от импортозамещения к технологическому суверенитету [51], а М.А. Юревич и В.В. Глазунова ставят вопрос об измерении технологического развития и суверенитета [41; 97]. Международные исследования К. Марча и И. Шифердекер, а также Й. Эдлера и соавторов ценны тем, что предлагают рассматривать технологический суверенитет не как автаркию, а как способность субъекта политики контролировать критически значимые технологические возможности, цели и средства их развития [157; 181].

Важно различать макроуровень технологического суверенитета и уровень предприятия. Государственная политика оперирует критическими технологиями, цепочками и институциональными инструментами, но металлургическое предприятие сталкивается с этой политикой через зависимость от конкретных видов оборудования, промышленного программного обеспечения, сервисного обслуживания, инженерных компетенций, специальных материалов, запасных частей и цифровых платформ управления производством. На взгляд автора, технологический суверенитет не должен рассматриваться как абстрактный лозунг или

универсальная цель технологической политики. Его содержание возникает прежде всего применительно к критическим технологиям, технологическим цепочкам и компетенциям, утрата которых создает риски для устойчивости предприятия, отрасли или национальной экономики.

Технологический суверенитет необходимо отделять от смежных понятий, совокупно их можно систематизировать и проранжировать от минимальной амбиции к максимальной следующим образом (таблица 3).

Таблица 3 – Соотношение ключевых понятий технологической политики

Понятие	Содержание	Объект управления	Уровень амбиции
1	2	3	4
Импортозамещение	Замена импортных товаров, компонентов или ПО отечественными аналогами	Конкретные продукты и товарные позиции	Локализация производства
Импортонезависимость	Способность функционировать без иностранных поставщиков в критических областях деятельности	Функциональная автономность инфраструктуры и систем	Операционная устойчивость
Технологическая независимость	Способность продолжать операционную деятельность без иностранных технологических провайдеров	Критическая инфраструктура, ПО, оборудование	Непрерывность деятельности
Технологическая безопасность	Защита от угроз, уязвимостей и враждебных нарушений в технологической сфере	Угрозы и риски технологической среды	Нейтрализация угроз
Технологический суверенитет	Наличие под национальным контролем критических и сквозных технологий, необходимых для экономики и благосостояния	Технологические способности и контроль над цепочками	Контролируемость и устойчивость
Технологическое лидерство	Превосходство в технологиях и продуктах, обеспечивающее конкурентные позиции на мировых рынках	Продуктовые ниши, рынки, глобальная конкурентоспособность	Опережающее развитие

Источник: составлено автором.

Таблица 3 показывает, что импортонезависимость может быть достигнута и без суверенитета, сборка может быть локализована, тогда как проектирование, стандарты, ПО или критические материалы остаются под внешним контролем. Технологическая независимость обеспечивает непрерывность функционирования, но не гарантирует глобальной конкурентоспособности. Технологический суверенитет в российской нормативной базе 2023-2026 гг. предполагает обеспечение как устойчивости, так и национальный контроль над ключевыми технологиями, что предъявляет более комплексные требования к механизму технологического развития предприятий.

Переход от «импортозамещения» (2014-2021) к «технологическому суверенитету» (2022-2023) и далее к «технологическому лидерству» (2024 – настоящее время) отражал последовательное углубление понимания проблемы.

Фаза импортозамещения (2014-2021) возникла как ответ на первый санкционный цикл и была построена вокруг замены иностранных товаров и промышленных ресурсов. Ее задача была секторальной и продуктовой: создать отечественное производство в тех областях, где внешняя зависимость стала политически рискованной. Программные документы этого периода прямо представляли импортозамещение как реакцию на санкции и как способ формирования конкурентоспособного внутреннего производства [11; 21; 30; 169].

Переход к технологическому суверенитету в 2022-2023 гг. был обусловлен более глубоким шоком, к этому моменту проблема вышла за пределы импортных товаров: иностранные вендоры уходили с рынка, прекращались сервисное обслуживание, инженерная поддержка, поставки промышленного ПО, разрывались логистические и финансовые цепочки. Именно поэтому Концепция технологического развития возводит суверенитет в ранг одной из трех государственных целей и определяет его через критические и сквозные технологии под национальным контролем. Государство пришло к выводу, что простая локализация конечной продукции недостаточна, если проектные компетенции, процессное ПО,

специализированное оборудование и сырьевые цепочки остаются внешне уязвимыми [12].

Эволюция понятийного аппарата имеет практическое значение для настоящего исследования. Например, в период импортозамещения задача сводилась главным образом к замене импортных марок стали, труб, программных модулей или компонентов оборудования. При переходе к технологическому суверенитету она расширилась до контроля над стеками металлургического ПО, системами управления процессами, специальными сплавами, современным оборудованием, инженерными сервисами и сырьевыми «узкими местами». На этапе технологического лидерства в центр выходит создание продуктовых ниш и процессных преимуществ, способных обеспечить позиции в национальных проектах по новым материалам, робототехнике, энергетическому оборудованию и переработке редких металлов.

Современная технологическая политика выстроена иерархически: документы разного уровня выполняют разные функции, от определения макроцелей до проектного финансирования.

На верхнем уровне находятся документы президентского уровня: стратегия научно-технологического развития, первоначально утвержденная Указом Президента от 1 декабря 2016 г. № 642, была заменена новой Стратегией, утвержденной Указом Президента от 28 февраля 2024 г. № 145 [7; 8]. Указ от 7 мая 2024 г. № 309 определяет национальные цели развития до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.; технологическое лидерство закреплено в нем как одна из целей [5].

На межведомственном уровне технологическую политику определяет Концепция технологического развития до 2030 г. (Распоряжение Правительства от 20 мая 2023 г. № 1315-р) [12], в которой выделяются три цели: обеспечение технологического суверенитета; переход к инновационно ориентированному экономическому росту; технологическое обеспечение устойчивого функционирования и развития производственных систем. Количественные индикаторы Концепции включают, в частности, увеличение инновационной активности организаций в

2,3 раза и рост внутренних затрат на НИОКР в 1,7 раза к 2030 г. В Концепции выделены четыре группы угроз: внешние технологические ограничения и нарушения поставок; зависимость от импортных критических цепочек (ПО, оборудование); недостаточный внутренний спрос, финансирование и диффузия инноваций; эрозия или недоиспользование национального научного, инженерного и производственного потенциала [5; 12]. Для металлургии эти угрозы описывают повседневную производственную среду: печи и прокатные линии работают внутри цепочек зависимости от оборудования, ПО, сервиса и инженерных компетенций.

Правовую консолидацию нового режима обеспечил Федеральный закон от 28 декабря 2024 г. № 523-ФЗ «О технологической политике в Российской Федерации» [10]. Закон определяет технологическую политику как комплекс правовых, экономических, организационных и иных мер, направленных на обеспечение технологического лидерства России и ее экономического развития на основе отечественных технологий. В 2025 г. к закону были приняты подзаконные акты о планировании, уполномоченных органах, индивидуальных заключениях и целевых индикаторах.

Постановление Правительства от 15 апреля 2023 г. № 603 определяет, какие проекты могут квалифицироваться как проекты технологического суверенитета или структурной адаптации экономики и получать доступ к привилегированным каналам финансирования [15]. Приоритетные направления включают новые материалы, редкую и редкоземельную металлургию, промышленное оборудование, то есть области, которые металлургические предприятия одновременно производят и потребляют.

Отраслевой уровень задает Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2030 г. (Распоряжение Правительства от 28 декабря 2022 г. № 4260-р) [9]. Она охватывает черную, цветную и редкую/редкоземельную металлургию, устанавливает производственные и

инвестиционные приоритеты, связывает промышленный рост с импортозамещением, экологической модернизацией и сырьевой безопасностью.

Таким образом, систематизировать разные уровни документов возможно в рамках нескольких уровней иерархии (таблица 4).

Таблица 4 – Иерархия нормативных документов технологической политики России

Уровень	Документ	Функция	Значение
Президентский	Указ № 309 от 07.05.2024 (нац. цели); Указ № 145 от 28.02.2024 (стратегия НТР)	Определение макроцелей: «технологическое лидерство» как национальная цель	Стратегический документ
Межведомственный	Концепция технологического развития до 2030 г. (Распоряжение № 1315-р от 20.05.2023)	Определения суверенитета и лидерства; три цели; четыре угрозы; индикаторы	Базовый понятийный аппарат
Законодательный	ФЗ № 523-ФЗ от 28.12.2024 «О технологической политике»	Правовая кодификация режима технологической политики	Юридическая основа для всех инструментов поддержки
Проектный допуск	Постановление № 603 от 15.04.2023 (приоритетные направления)	Определение, какие проекты допускаются к привилегированному финансированию	Условия доступа к соответствующим мерам поддержки, техкредиту, КИП для металлургических проектов
Отраслевой	Стратегия металлургии до 2030 г. (Распоряжение № 4260-р от 28.12.2022)	Секторальные приоритеты: продукция, сырье, экология, импортозамещение	Конкретные задачи: нержавеющая сталь, хром, ниобий, РЗМ и т.д.
Инструментальный	ФРП, СПИК 2.0, КИП, техкредит, налоговые преференции, программа «дорациивания»	Реализация политики на уровне конкретных проектов и предприятий	Финансовые, налоговые и организационные механизмы для проектов

Источник: составлено автором на основе [5; 8–10; 12; 15]

Основным широкопрофильным каналом промышленного финансирования остается Фонд развития промышленности (ФРП). По официальным данным, в 2022 г. ФРП профинансировал 256 промышленных проектов на общую сумму 140 млрд руб., в 2023 г. — 276 проектов на 142 млрд руб. В 2024 г. ФРП начал финансирование 283 новых проектов, при этом общий объем предоставленных за год льготных средств превысил 104 млрд руб. В 2025 г. Фонд начал

финансирование 263 новых проектов, предоставив на них почти 54 млрд руб.; с учетом продолжения финансирования 156 ранее начатых проектов еще примерно на 33 млрд руб. общий объем финансирования ФРП за год составил около 87 млрд руб. [125; 126; 128–130].

Налоговая политика также была скорректирована в направлении стимулирования отечественных технологических решений и с 2025 г. коэффициент для учета расходов на определенное российское ПО и высокотехнологичное отечественное оборудование при исчислении налога на прибыль увеличен с 1,5 до 2 [2]. Для ПО этот коэффициент применяется на использование российских программ из национального реестра; для оборудования – к позициям из утвержденного правительственного перечня. Параллельно с 2025 г. введен федеральный инвестиционный налоговый вычет в размере 3%, при этом вычет в текущем периоде ограничен 50% капитализированных расходов с возможностью переноса на 10 периодов. Для капиталоемких металлургических проектов данные инструменты снижают затраты на обновление оборудования и переход на новое ПО с учётом налоговых льгот.

Кластерная инвестиционная платформа (КИП) с участием ВЭБ.РФ и банков-партнеров при операторстве ФРП остается одним из основных каналов для масштабных проектов промышленного расширения. Платформа предназначена для проектов приоритетной продукции и субсидирует часть процентной ставки по банковскому кредиту. Для металлургии она релевантна при включении продукции проекта в перечень приоритетной продукции или в периметр проектов технологического суверенитета [3]. КИП не заменяет корпоративный отбор проектов. Это внешний финансовый инструмент: предприятие может использовать его при соответствии проекта установленным критериям, готовности документации и приемлемом соотношении выгоды льготного финансирования с административными издержками участия.

СПИК 2.0 (специальный инвестиционный контракт) остается основным долгосрочным регуляторно-налоговым контрактным механизмом. Проекты

должны быть привязаны к признанной «современной технологии»; стандартный срок – до 15 лет при инвестициях до 50 млрд руб. и до 20 лет при более крупных инвестициях. Практическая релевантность для металлургии подтверждается использованием СПИК 2.0 для поддержки проектов модернизации производства нержавеющей труб и других металлургических инвестиционных проектов [104; 109; 127].

Технологический кредит, введенный Постановлением Правительства от 2 декабря 2023 г. № 2064, выделен отдельно от обычных субсидированных займов. Кредиты предназначены для проектов технологического суверенитета и структурной адаптации; гарантии ВЭБ могут покрывать от 10% до 50% основной суммы долга; первоначальная конфигурация кредита предусматривала стоимость проектов от 1 до 20 млрд руб., но впоследствии минимальный размер займа снижен до 500 млн руб. при ставке от 5% для допущенных проектов [1].

Программа «доращивания» поставщиков, реализуемая Корпорацией МСП, обеспечивает финансовую, правовую, методическую и информационную поддержку для подготовки малых и средних предприятий к вхождению в закупочные цепочки крупных компаний. К июлю 2025 г. заключено 95 контрактов с участниками программы на 4,7 млрд руб.; к декабрю 2025 г. – 31 проект поддержан в рамках грантовой программы «доращивания» на 4,2 млрд руб. [108; 110]. В металлургии этот инструмент применим к отечественным поставщикам компонентов, модулей автоматизации, огнеупоров и сервисных решений

Среди наиболее масштабных проектов импортозамещения в черной металлургии выделяется создание полного цикла производства нержавеющей стали. Российский рынок вошел в современный период со значительной зависимостью: по отраслевым оценкам, импорт нержавеющей проката в 2021 г. составлял 423 тыс. т. Строительство интегрированного комплекса плоского нержавеющей проката в Волжском с проектной мощностью до 500 тыс. т/год имеет стратегическое значение: он нацелен на семейство продуктов, по которому у России был спрос, но не было полной отечественной цепочки. Нержавеющая сталь потребляется

практически во всех критических отраслях российской промышленности и экономики [33].

Переход на отечественное ПО сложнее продуктовой локализации. В рассмотренных публичных материалах не найден единый показатель перехода для MES, SCADA и АСУ ТП по всей металлургии по состоянию на 2026 г., однако публиковался ступенчатый регуляторный график: государственные органы и госкомпании должны были прекратить использование иностранных ОС и прикладного ПО на значимых объектах КИИ с 1 января 2025 г., срок для СУБД – 1 января 2026 г., а полный переход значимых объектов КИИ на отечественные доверенные ПАК установлен Постановлением № 1912 на 1 января 2030 г. [4; 6; 107]. По деятельности Индустриального центра компетенций «Металлургия» (ИЦК) можно косвенно отследить динамику, так ИЦК объединяет 18 крупных компаний; около 2022 г. запущено 12 особо значимых проектов; к апрелю 2026 г. 11 из 12 были завершены; в июне 2025 г. правительство заявляло о завершении около 90% разработок ИЦК «Металлургия» к январю 2026 г. Центр работает по классам ПО, включая MES и SCADA; «Северсталь» планировала развертывание решений управления процессами до конца 2026 г. [116; 131].

Для определения специфики российской модели технологического суверенитета корректно рассмотреть и международные аналоги, например ближайшая европейская параллель – концепция «стратегической автономии» (strategic autonomy), а в последние годы – «европейского технологического суверенитета». Резолюция Европарламента 2026 г. определяет технологический суверенитет в цифровой сфере как способность проектировать, разрабатывать, производить, контролировать и защищать цифровые инфраструктуры. Европейская модель явно привязана к открытой стратегической автономии, стандартам, цифровому регулированию и устойчивости трансграничных цепочек – в отличие от российской модели, не предполагающей автаркии, но и не опирающейся на открытый торговый режим [19; 158]. В Китае ближайшие аналоги – концепции «самостоятельные инновации» и «высокоуровневая научно-технологическая

самостоятельность и самоопора». Официальные документы формулируют цель как укрепление способности к самостоятельным инновациям, концентрацию на прорывах в ключевых технологиях и формирование стратегической научно-технологической силы. По сравнению с российским дискурсом, китайская модель менее центрирована на слове «суверенитет» и более – на системной инновационной способности, управляемой государством [184; 211]. В Индии ближайшая параллель – концепция «Атманирбхар Бхарат» (самодостаточная Индия) [188; 189]. В официальной политической коммуникации технологии названы одним из столпов самодостаточности. Индийская модель отличается от российской и европейской: менее универсальна в охвате критических технологий и более ориентирована на масштабирование в избранных цифрово-индустриальных секторах. В рамках сравнительной типологии можно выделить четыре модели (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительная типология моделей технологического суверенитета

Страна/регион	Модель	Фокус модели
Россия	Санкционно обусловленный суверенитет через национальный контроль над критическими и сквозными технологиями	Контроль промышленных цепочек производства приоритетных товаров, ПО, оборудования для обеспечения непрерывности производства, специальных материалов (например, нержавеющая сталь, используемая в ключевых отраслях промышленности как военных, так и гражданских сегментов)
ЕС	Стратегическая автономия через устойчивость, цифровое регулирование и управление зависимостями	Стандарты, цифровой суверенитет, сохранение открытости рынка с селективным снижением зависимостей
Китай	Высокоуровневая самоопора через самостоятельные инновации и государственная поддержка развития научного потенциала	Системная инновационная способность, прорывы в ключевых технологиях, базовые исследования
Индия	Самодостаточность через масштабирование способностей в избранных технологических доменах	Полупроводники, телеком-стеки, ИИ; масштабирование при опоре на экосистему услуг

Источник: составлено автором

Анализ нормативных документов и инструментов поддержки показывает: государственная политика создает условия для технологического развития, но не предлагает готового механизма на уровне предприятия. Государственные инструменты задают приоритеты, критерии допуска к поддержке и финансово-экономические стимулы. Предприятие, однако, само должно диагностировать технологическую зависимость, оценивать технологический потенциал, выбирать проекты и прогнозировать их влияние на будущую траекторию развития.

Стратегическое значение отдельных проектов технологического развития не отменяет экономическую оценку и не переносит всю финансовую нагрузку на предприятие. Оно требует более сложного набора критериев: коммерческая эффективность должна сопоставляться с вкладом проекта в снижение технологической уязвимости, сохранение критических компетенций и возможность привлечения внешних инструментов поддержки. Не всякий проект импортозамещения автоматически укрепляет технологический суверенитет: при сохранении зависимости от критических компонентов, программного обеспечения, инжиниринговых компетенций или сервисной поддержки он может лишь изменить форму зависимости. Поэтому для предприятия важна оценка того, как проект влияет на структуру технологической зависимости и будущий технологический потенциал.

1.3. Практики и подходы к технологическому развитию металлургических предприятий в России и за рубежом

В параграфах 1.1 и 1.2 были охарактеризованы вызовы, определяющие потребность в технологическом развитии металлургических предприятий, а также институциональные условия политики технологического суверенитета. Следующий шаг состоит в проверке того, дают ли корпоративная практика и академическая литература инструменты для работы на уровне предприятия: диагностику технологического потенциала и зависимости, выбор проектов, распределение ресурсов, прогнозирование результата и обратную связь. Поэтому в данном

параграфе сопоставляются публично раскрытые практики металлургических компаний и научные подходы к оценке и управлению технологическим развитием.

По корпоративным отчетам и проектной документации ведущих мировых металлургических компаний можно выделить три основных архетипа управления технологическим развитием (также дополнительно можно выделить комбинирование типов, показано далее): партнерская поэтапная трансформация, гринфилд-проектное финансирование и портфельное управление множественными технологическими траекториями.

Первый архетип наиболее отчетливо представлен в проекте HYBRIT (SSAB, LKAB, Vattenfall). Компания Hybrit Development AB принадлежит трем партнерам в равных долях; первая промышленная демонстрационная установка в Гелливаре будет принадлежать LKAB, а SSAB принимает поэтапные инвестиционные решения по переоборудованию последующих переделов – сначала в Оксэлесунде (решение совета директоров 2023 г.), затем в Лулео (2024 г.). Технологический выбор привязан к конкретному бизнес-кейсу: снижение углеродных издержек в рамках EU ETS, улучшение продуктового микса, гибкость сырьевой базы (бескоксовое губчатое железо, чугун, лом). SSAB заявляет о планах существенного сокращения собственных выбросов CO₂ к 2030 г. [160]. Управление трансформацией строится через проверку пилотного решения, специализацию партнеров и последовательные инвестиционные решения совета директоров.

Stegra (ранее H2 Green Steel) использует другой подход: гринфилд-проектное финансирование. Компания привлекла 6,5 млрд евро (4,2 млрд евро долгового финансирования, 2,1 млрд евро акционерного капитала, 250 млн евро гранта EU Innovation Fund) для строительства интегрированного комплекса DRI-EAF-H₂ в Будене с электролизером мощностью 700 МВт и целевой производительностью 2,5 млн т стали в первой фазе [163]. Управленческая структура включает подразделения Project Delivery, Transition Office, Boden Operations, Finance; исследование ОЭСР фиксирует холдинговую структуру с обособленными

проектными компаниями для новых объектов [198; 202]. Здесь технологический выбор определяется готовностью проектов к банковскому финансированию, закреплении поставщиков и офтейк-контрактами с потребителями, а не портфельной оптимизацией существующих активов.

Третий архетип включает несколько вариантов с разной степенью формализации. ArcelorMittal управляет декарбонизацией через четыре направления: дисциплинированные конкурентные инвестиции, обеспечение ресурсов перехода, формирование благоприятной политической среды и содействие переходу в ключевых секторах [200]. Структура управления включает Комитет по устойчивому развитию при совете директоров, Инвестиционный комитет и Панель по климатическим изменениям на управленческом уровне, а также глобальную НИОКР-организацию из 14 исследовательских площадок в 9 странах [135]. Технологический выбор осуществляется на уровне конкретных площадок: ЭДП в Хихоне и Сестао, маршрут DRI-EAF в Канаде (инвестиции 1,765 млрд канадских долларов, сокращение выбросов на ~60%). Также существует и платформа (сертификация) XCarb, через которую компания транслирует цели декарбонизации в рынок и инвестиции во внешние прорывные технологии [136].

Смешанную модель демонстрирует POSCO. Компания совмещает переходные технологии (водород в доменных печах, EAF, CCUS), обеспечивающие краткосрочную декарбонизацию существующих активов, с разработкой проприетарного маршрута HyREX как долгосрочной цели. В 2024 г. создан Центр разработки водородного восстановительного производства чугуна в Пхохане, объединивший исследования, эксплуатацию, инжиниринг и строительство (POSCO E&C). HyREX позиционируется как эволюция технологии FINEX: компания использует компетенции и заменяет уголь водородом [155].

Nippon Steel дает наиболее раскрытый пример отбора технологий по критерию готовности и жизненного цикла активов. Дорожная карта GX 2025 г. указывает, что существующий парк доменных печей будет к 2050 г. преобразован в оптимальную комбинацию ЭДП, установок прямого восстановления и ДП Super

COURSE50, причем переход привязан к графикам капитальных ремонтов доменных печей. Что интересно, компания в то же время публикует дорожную карту, в которой существует накопление мощностей и компетенций по крупным ЭДП до 2030 г. и обеспечение технологической готовности для полномасштабного проекта Super COURSE50 и H2-DRI к ~2040 г. [183].

Tata Steel реализует двойную географическую стратегию: в Индии – крупномасштабное расширение (доменная печь Калингнагар, 2024 г.) и операционное совершенство (ТОС, CCPM, кайдзен, TPM), а в Нидерландах – план Green Steel, предполагающий замену одной доменной печи на DRI-EAF к 2030 г. Tata раскрывает структуру управления НИОКР: 85% программы НИОКР управляется Research Portfolio Committees для процессных и продуктово-рыночных задач, 15% – стратегические направления [166]. Технологический выбор определяется методикой TRL, также компания сотрудничает с академическими институтами, масштабирует прорывные решения (HIsarna, EASyMelt) и оптимизирует текущие BF-BOF операции. Суммируя, можно выделить четыре архетипа управления технологическим развитием у зарубежных компаний (таблица 6).

Таблица 6 – Архетипы управления технологическим развитием зарубежных металлургических компаний

Архетип	Компании	Механизм управления
Партнерская поэтапная трансформация	SSAB/HYBRIT	Совместное предприятие + поэтапные решения совета директоров по капвложениям
Гринфилд-проектное финансирование	Stegra	Холдинговая структура с обособленными проектными компаниями; готовность к банковскому финансированию как критерий
Портфельное управление по площадкам	ArcelorMittal, Nippon Steel	Инвестиционный комитет + НИОКР-организация; многотрековые дорожные карты
Дуальная (сочетание переходных технологий и разработки собственного технологического маршрута)	POSCO, Tata Steel	Выделенные центры разработки + TRL и Research Portfolio Committees

Источник: составлено автором

Зарубежные металлургические компании раскрывают формализованные процедуры, в которых технологический выбор связан с уровнем готовности, экономикой, жизненным циклом активов, политическими условиями и капитальной дисциплиной. Краткосрочная эффективность и долгосрочная трансформация рассматриваются совместно.

Российские компании также активно ведут технологическую деятельность: замещают импорт, развивают внутренний инжиниринг, цифровизируют процессы, модернизируют производственные агрегаты и расширяют продуктовый портфель. Интерес представляет работа Шацкой И.В., раскрывающая аспекты повышения эффективности предприятий сквозь призму цифровизации [94], в том же ключе ведется речь и о цифровизации в работе Яшаловой Н.Н. [98]. Однако публичные материалы чаще фиксируют проекты, результаты и организационные элементы, чем процедуры диагностики, приоритизации и прогнозирования технологического развития.

«Северсталь» раскрывает наиболее прозрачную схему. Публичные материалы фиксируют три взаимодополняющих направления: открытые инновации (в 2024 г. привлечено более 10 высокотехнологичных китайских компаний через промышленные запросы), внутренние цифровые компетенции («Северсталь-Инфоком») и партнерский поиск в области декарбонизации. Материалы позволяют восстановить последовательность действий: запрос бизнес-подразделений, технологический скаутинг, пилотная работа и масштабирование через инжиниринг и цифровые инструменты [199].

«НЛМК» строит технологическое развитие на трехчастной организационной базе: НЛМК-Инжиниринг (управление реализацией проектов, экологическая модернизация), НИОКР-центр (более 1000 текущих исследований, портфель высокомаржинальных сталей, цифровой инжиниринг) и корпоративная система, до 2022 г. включавшая международный трансфер технологий (NLMK Clabescq,

Бельгия). После 2022 г. акцент сместился на внутренний инжиниринг и внутренние НИОКР [103].

«ММК» демонстрирует проектно-ориентированный подход. Годовой отчет 2024 г. определяет завершение строительства коксовой батареи № 12 как ключевое событие года и крупнейший инвестиционный проект. Корпоративные материалы акцентируют ориентацию на премиальную продукцию и долгосрочную инвестиционную программу с экологическим компонентом. Формальный процесс приоритизации проектов и оценки технологического потенциала в доступных материалах не раскрыт. Партнерство с МГТУ им. Г.И. Носова лишь упоминается [106].

«ЕВРАЗ» раскрывает направления технологического совершенствования: модернизация оборудования, повышение качества продукции, развитие рельсового производства, системы энергетического менеджмента ISO 50001 на ЗСМК [113]. Прозрачный опубликованный механизм отбора проектов технологического развития, тем более привязанный к показателям технологической независимости или технологического суверенитета, в доступных материалах не раскрывается.

Рассмотренные компании действительно развивают внутренний инжиниринг, НИОКР, технологический скаутинг, цифровые решения, партнерства с вузами и поставщиками. Эти элементы важны для технологической независимости, однако публично доступные материалы обычно показывают отдельные направления работы, а не систему, где цели технологической независимости связаны с диагностикой технологического потенциала, критериями отбора проектов, распределением ресурсов, прогнозированием и обратной связью. Практический пробел состоит в том, что интегрированная процедура управления технологическим развитием либо не раскрывается, либо раскрывается фрагментарно.

Дополнительно академическая литература подтверждает междисциплинарный характер этой задачи, ее решение требует обращения к нескольким направлениям исследований: технологического развития и модернизации промышленных предприятий, оценки технологического и инновационного

потенциала, систем индикаторов, проектного и портфельного управления, прогнозирования технологических траекторий, исследований технологической независимости и суверенитета. Каждое направление дает методические элементы, но ни одно не охватывает всю задачу формирования механизма технологического развития металлургического предприятия в условиях укрепления технологического суверенитета.

Классические международные подходы к технологическим способностям, динамическим компетенциям, управлению технологическим портфелем и уровням готовности технологий трактуют технологическое развитие как управленческий процесс: предприятие должно выявлять технологические возможности, сопоставлять альтернативы, распределять ресурсы и переводить решения в устойчивые производственные результаты. Современные работы систематизированы в таблице 7. В таблицу включены преимущественно статьи 2014-2026 гг.; официальные документы и корпоративные отчеты не включались, поскольку их роль в данной части состоит в описании институциональной и практической среды.

Таблица 7 – Систематизация академических подходов

Направление и представители	Объект и методы	Сильные стороны	Ограничения
1	2	3	4
Технологическое развитие и модернизация промышленных предприятий			
О.А. Романова, Д.В. Сиротин [79]; М.А. Ноговицын [69]; И.С. Прохорова, В.С. Устинов, А.В. Елхова [77; 78]; А.Ю. Анисимов, М.А. Плахотникова, А.А. Грабский [24]; В.А. Павлов [70]; В.И. Мысаченко, Н.В. Санин [67]; Е.И. Козлова, Е.В. Богомолова [56]; В.А. Девятко, С.А. Горшенев, Е.С. Якушова [43]	Металлургия и металлургические предприятия; аналитические обзоры, структурный и статистический анализ, концептуальное моделирование цифровой трансформации, SWOT-анализ	Показывают, что технологическое развитие металлургии связано с цифровизацией, декарбонизацией, интеллектуализацией, санкционной адаптацией и изменением корпоративной архитектуры	Чаще описывают отраслевые направления и практики; не дают процедуры диагностики потенциала, оценки независимости и выбора проектов на уровне предприятия

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
Технологический потенциал и способности предприятия			
А.К. Казанцев, А.В. Логачева [50]; Е.В. Захарова, О.И. Митякова [47]; Е.А. Асташова, Е.А. Погребцова, С.И. Дурнев [26]; М.И. Тертышник [87]; Ю.Ю. Лашманова [63]; M. Fit-Oliveira et al [159].	Предприятие и производственные фирмы; ресурсный подход, динамические способности, системы показателей, интегральная оценка, обзоры и метаанализ	Предлагают понятийный аппарат и инструменты диагностики ресурсов, способностей, производственного и инновационного потенциала; показывают, что способности можно развивать и измерять	Потенциал обычно рассматривается отдельно от технологической независимости, отраслевой спецификации металлургии, проектного выбора и прогнозирования будущего состояния
Индикаторы, интегральная оценка и рейтинги			
В.В. Глазунова [41]; М.А. Юревич [97]; М.Ю. Махотаева, М.А. Николаев [65]; О.А. Романова, Д.В. Сиротин [79]; И.С. Прохорова, В.С. Устинов, А.В. Елхова [78]; Н.Н. Карпухина и др. [53]; А.А. Антипенко [25]	Национальный, отраслевой, региональный и корпоративный уровни; типологизация индикаторов, многокритериальная оценка, интегральные показатели, шкала Харрингтона, статистический анализ	Предлагают измерительные решения для технологического развития, цифровой зрелости, инновационной активности, проектной готовности и отдельных аспектов суверенитета	Индикаторы чаще остаются инструментом оценки; они редко превращаются в процедуру принятия решений о проектах технологического развития металлургического предприятия
Проектный выбор и портфельное управление			
М.В. Евсеева [45]; Е.Р. Счисляева, Е.В. Кожина, К.И. Сергеева [86]; А.В. Назаров, А.С. Шурупов [68]; Н.Б. Культин, А.В. Сурина [62]; N. Gupta, H. Park, R. Phaal [162]	Организация, промышленное предприятие, портфель проектов и технологий; теоретический анализ, систематизация этапов, модели портфельного управления, экспертные и когнитивно-имитационные инструменты, качественное исследование	Раскрывают принципы согласования проектов, распределения ресурсов, управления рисками, технологического портфеля и процессов управления портфелем	Обычно не включают критерии технологической независимости, зависимость от критического оборудования и ПО, специфику металлургии и прогноз влияния проектов на будущий потенциал

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
Прогнозирование и технологические траектории			
Фролов И.Э., Тресорук А.А. [90]; К.Б. Герасимов [40]; J. Kim et al. [173]; X. Wu et al. [210]; J. Algers et al [133].	Высокотехнологичная промышленность, отрасли РФ, черная металлургия и сталелитейные площадки; экспертное прогнозирование, регрессионное прогнозирование.	Обосновывают необходимость учитывать будущие технологические пути, зрелость решений, совместимость с активными и долгосрочные сценарии декарбонизации	Прогнозы обычно строятся на отраслевом или технологическом уровне; они редко встроены в механизм отбора проектов конкретного металлургического предприятия
Технологическая независимость, технологический суверенитет и промышленная политика			
Е.В. Потапцева, В.В. Акбердина [73; 75]; А.А. Афанасьев [28]; Н. Смородинская, Д. Катуков [84]; Е.А. Капогузов, М.Ю. Шерешева [51]; Л.И. Цедилин [91]; Ю.Р. Сафонова [81]; С. March, I. Schieferdecker [181]; J. Edler et al [157].	Технологический суверенитет, промышленная политика, импортозамещение, стратегическая автономия; концептуальный, институциональный, сравнительный, нарративный и политико-экономический анализ	Формируют понятийный аппарат, разграничивают импортозамещение, независимость, суверенитет и автаркию; показывают связь суверенитета с промышленной политикой и критическими технологиями	Основной уровень анализа – государство, отрасль или политика; диагностика предприятия, проектный выбор, распределение ресурсов и прогнозирование остаются за пределами основной аргументации

Источник: составлено автором

Работы по технологическому развитию металлургии и цифровой трансформации хорошо описывают отраслевые тренды, но чаще ограничиваются направлениями и практиками. Исследования технологического и инновационного потенциала дают инструменты диагностики, но редко связывают ее с выбором проектов и технологической независимостью. Работы по индикаторам и интегральной оценке решают измерительные задачи, но чаще на национальном и отраслевом уровнях либо применительно к цифровой зрелости. Литература по портфельному управлению описывает согласование проектов, но обычно не включает критерии технологического суверенитета. Прогнозные исследования рассматривают будущие траектории, но редко встроены в принятие решений на уровне предприятия. Наконец, исследования технологического суверенитета и

независимости дают понятийный и политический аппарат, оставаясь преимущественно на макро- или отраслевом уровне.

Теоретико-методологический пробел состоит в разрыве между этими инструментами. Таким образом, для задач настоящего исследования требуется связать четыре сферы: диагностику текущего технологического потенциала металлургического предприятия; измерение уязвимости или независимости по критическим технологиям, поставщикам, ПО, оборудованию и компетенциям; отбор и приоритизацию портфеля проектов технологического развития; прогноз того, как выбранные проекты изменят будущий технологический потенциал предприятия в условиях санкционных ограничений, импортозамещения, энергоперехода и капитальных ограничений.

Выводы по 1 главе

1) В результате анализа вызовов и трендов технологического развития металлургической отрасли установлено, что в современных условиях технологическое развитие металлургических предприятий выходит за рамки обновления оборудования или локального внедрения отдельных инноваций. Оно определяется совокупным влиянием глобальной технологической трансформации металлургии, декарбонизационной и цифровой повестки, продуктово-материальных инноваций, санкционных ограничений, изменения экспортной географии, зависимости от критического оборудования и программного обеспечения, кадровых ограничений и сжатия инвестиционного ресурса. В этих условиях технологическое развитие металлургического предприятия следует рассматривать как траекторию изменения его технологического состояния, требующую выбора, сопоставления и приоритизации альтернативных проектов.

2) Систематизация целей и задач политики технологического суверенитета показала, что технологический суверенитет не может быть сведен к импортозамещению отдельных товаров, оборудования или программных решений. Для

металлургического предприятия его содержание проявляется через способность сохранять устойчивость производственной системы и развивать критически значимые технологии, компетенции и цепочки поставок в условиях внешних ограничений. Следовательно, задачи государственной политики технологического суверенитета должны быть переведены на уровень предприятия в виде измеримых показателей технологической независимости, критериев оценки проектов и процедур управленческого выбора.

3) Сравнительный анализ мировых моделей технологического суверенитета и практик управления технологическим развитием металлургических компаний показал, что в зарубежной и российской практике уже применяются отдельные элементы такого управления: НИОКР-центры, инжиниринговые подразделения, портфели цифровых и декарбонизационных проектов, партнерские схемы, поэтапные инвестиционные решения и инструменты промышленной кооперации. В рассмотренных материалах не выявлено полного описания механизма, связывающего цели технологической независимости с диагностикой технологического потенциала, оценкой критических зависимостей, выбором проектов, распределением ресурсов, прогнозированием результатов и последующей корректировкой управленческих решений.

4) Анализ научных подходов к технологическому развитию, оценке технологического и инновационного потенциала, построению индикаторов, проектному и портфельному управлению, прогнозированию технологических траекторий и исследованию технологического суверенитета позволил выявить их методическую значимость и одновременно ограниченность для задач настоящего исследования. Работы по технологическому развитию металлургии преимущественно описывают отраслевые тренды; исследования технологического потенциала дают инструменты диагностики, но редко связывают ее с проектным выбором; индикаторные подходы фиксируют состояние, но не задают управленческое действие; портфельные модели не всегда учитывают критические

технологические зависимости; прогнозные исследования чаще не встроены в механизм принятия решений на уровне предприятия.

5) На основе проведенного анализа обосновано, что оценка технологического развития металлургического предприятия в условиях укрепления технологического суверенитета должна включать не только фиксацию текущего состояния производственной и инновационной базы, но и оценку зависимости от критических технологий, оборудования, программного обеспечения, поставщиков, сервисной поддержки и инженерных компетенций. Такая оценка должна быть связана с выбором проектов технологического развития, их импортонезависимостью, экономической реализуемостью, технологической готовностью, вкладом в снижение уязвимости и ожидаемым влиянием на будущую траекторию технологического потенциала предприятия.

2 РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНИВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

2.1 Формирование системы показателей оценки технологической независимости предприятий

В условиях усиливающейся глобальной конкуренции и обострения санкционного давления государства все активнее внедряют меры промышленной политики, направленные на поддержку приоритетных отраслей и обеспечение экономической устойчивости. Ключевым элементом этой стратегии становится технологический суверенитет-способность самостоятельно развивать и внедрять критически важные технологии, необходимые для национальной безопасности и конкурентоспособности на мировом рынке.

Как отметил Премьер-министр Российской Федерации (РФ) М.В. Мишустин: «достижение технологического суверенитета и последующего лидерства в основных секторах – одна из ключевых задач, которые были поставлены Президентом» [99].

Оценка эффективности мер промышленной политики в области технологического суверенитета требует создания надежных количественных инструментов. В литературе выделяются три основных подхода к измерению этого явления: (1) комплексные агрегированные индексы, предоставляющие одну скалярную оценку, (2) многокритериальные наборы показателей, где каждая метрика рассматривается отдельно, и (3) отдельные простые показатели, фиксирующие лишь один аспект суверенитета (патентная активность, импортозависимость и т. п.). Каждый метод обладает своими достоинствами и ограничениями: агрегированные индексы удобны для стратегического обзора, но нередко скрывают дисбалансы; наборы показателей более прозрачны, однако лишены единого итогового

показателя; единичные показатели легко рассчитываются, но отражают лишь отдельные стороны технологического суверенитета.

В российской практике по-прежнему отсутствует унифицированная методика, способная одновременно учитывать «пройденный путь» к целевым уровням развития ключевых технологий и обеспечивать возможность выявления «узких мест» в промышленной политике. Настоящая работа направлена на решение этой задачи: в ней предлагается система интегральных показателей, нормируемых по принципу «база-цель», и методика их агрегации в единый композитный индекс технологического суверенитета (КИТС).

В общем смысле, промышленная политика подразумевает комплекс мер со стороны государства, направленный на поддержание приоритетных отраслей, участников в них, а также отдельных видов экономической деятельности с целью повышения конкурентоспособности страны и, как следствие, ее экономического развития. Для этого оказывается поддержка в виде субсидий, налоговых льгот, развития инфраструктуры, защитных мер регулирования и инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР). В современных реалиях важен также уровень развития технологий, применяемых в отраслях, и их локализация с целью достижения технологического суверенитета.

В определении автора технологический суверенитет государства – это способность самостоятельно развивать и применять критические технологии, необходимые для экономической безопасности и конкурентоспособности. Для оценки прогресса промышленной политики в достижении этого суверенитета исследователи предлагают различные системы показателей и подходы к измерению (как обсуждалось выше). Каждый подход имеет свои преимущества и ограничения, в таблице 8 представлен их анализ.

Таблица 8 – Анализ подходов к измерению технологического суверенитета

Подход	Преимущества	Ограничения	Примеры подходов
Комплексные агрегированные индексы	1) Компактность. 2) Наглядность. 3) Возможность сравнения во времени или между странами.	1) Выбор весов и методов агрегирования может быть субъективным. 2) Может скрывать диспропорции между составляющими. 3) Сложность расчета.	1) Европейский индекс технологического суверенитета [215]. 2) Комплексный индекс технологической независимости РФ [14]. 3) Подход Ли и пр. [174].
Набор нескольких показателей без агрегации	1) Позволяет избежать произвольной развесовки. 2) Прозрачность. 3) Детализация.	1) Отсутствие единого индекса. 2) Затруднено сопоставление и сравнение результатов. 3) Как правило, не подразумевается ранжирование, что затрудняет фокусировку для выявления рекомендаций.	1) Подход Аксеновой и Шиндикова [22]. 2) Подход Шкодинского, Кушнера и Продченко [95].
Единичные показатели	1) Простота расчета.	1) Отражают лишь отдельные грани технологического суверенитета.	1) Подход Волкова и Шепелева [37]. 2) Подход Карминой и др. [52].

Источник: составлено автором

В целом видно, что не существует единого подхода к измерению технологического суверенитета. Это также подтверждается и другими исследованиями, например, Д.А. Черноусов отмечает, что одни авторы сосредоточены на разработке систем показателей (конкретных ключевых показателей эффективности (КПЭ) технологического суверенитета), тогда как другие ограничиваются общей концепцией и стратегиями [92]. В качестве примера первой группы можно привести работы И. И. Приходько, где раскрываются теоретические критерии технологического суверенитета и предлагаются подходы к их практической оценке, работу В.Л. Квинта и др., в которой определены направления стратегирования технологического суверенитета [54; 76]. Кроме того, О.А. Еремченко рассматривает технологический суверенитет через призму макроэкономических и отраслевых показателей, подчеркивая необходимость мер промышленной политики на обоих уровнях [46].

В исследовании М.А. Юревича предложено разделять оценку на несколько измерений: например, доля используемых производственными предприятиями передовых технологий отечественного происхождения относительно импортных; доля иностранной добавленной стоимости в конечном внутреннем спросе; удельный вес отечественной продукции на внутреннем рынке в высокотехнологичных отраслях [97]. По каждому из этих направлений собирается статистика, и их динамика позволяет судить об усилении или ослаблении технологической самостоятельности. Автор приводит данные, согласно которым за последнее десятилетие в России наблюдается рост доли отечественных решений в таких отраслях, как фармацевтика и металлургия, что интерпретируется как укрепление суверенитета, тогда как в машиностроении, электронике и текстильной промышленности уровень технологического суверенитета пока остается низким. Преимущество подобного подхода-опора на реально измеряемые показатели промышленной статистики и внешней торговли, что делает оценку прикладной. Кроме того, отсутствует проблема субъективного выбора весов-каждый показатель сам по себе информативен. Недостаток-сложность интегрального вывода: для получения общего вывода об эффективности промышленной политики приходится анализировать несколько чисел одновременно.

Российские власти инициировали разработку единых интегральных индексов для мониторинга национальных целей в сфере технологической независимости. В конце марта 2025 г. был выпущен приказ Минэкономразвития с утвержденной методикой расчета, при этом целевые значения уже включены в стратегические документы [14]. Согласно этому приказу, индекс технологической независимости выступает статистическим индикатором национальной цели и измеряется в процентах. За базовый (нулевой) период приняты значения до 2024 г., после чего предусматривается рост: с оценочного уровня ~10,7% в 2025 г. до 100% в 2030 г. Полное достижение 100% интерпретируется как выход на требуемый уровень технологического суверенитета по всем приоритетным направлениям к 2030 году. Индекс носит агрегированный характер: он объединяет прогресс по восьми

профильным направлениям (от новых материалов и станкостроения до беспилотных систем и космических технологий), по сути, охватывая ключевые сектора, которые должны стать независимыми от импорта. Преимущество государственного интегрального индекса – четкая привязка к целевым ориентирам промышленной политики и национальным проектам, возможность отслеживать общий прогресс одним числом. Однако отсутствие открытой методики пока затрудняет оценку его достоверности. Потенциальным недостатком является сильная агрегированность: один показатель может нивелировать отставание в одной сфере успехами в другой.

В последние годы понятие технологический суверенитет также активно обсуждается в Евросоюзе, Китае, Индии и других экономиках, стремящихся снизить критическую зависимость от внешних технологий. Однако единых стандартов измерения не выработано, и применяются различные метрики, часто фокусирующиеся на отдельных аспектах (инновационная способность, доля импорта, контроль над цепочками поставок и т. д.). ЕС в рамках стратегии технологической независимости идентифицировал перечень критически важных технологий и стратегических зависимостей. Вместо одного суммарного индекса делается акцент на выявлении узких мест: например, Европейский парламент в 2021 г. выпустил отчет по стратегическим зависимостям и возможностям, где по ряду товаров и технологий (микроэлектроника, батареи, фармацевтика и др.) рассчитана доля импорта из числа внешних поставщиков [172].

Параллельно европейские исследователи предложили и интегральные индексы для оценки технологического суверенитета по конкретным направлениям. В статье А. Ponte предложен многомерный комплексный показатель «Индекс технологического суверенитета» (Technological Sovereignty Index, (TSI) для передовых мобильных коммуникаций 5G. Он учитывает три группы факторов: активы и компетенции (наличие научно-технического задела, кадров, патентов и т.п.), драйверы технологического суверенитета (например, инвестиции,

государственная поддержка, корпоративные стратегии) и условия (зависимость от внешних поставок комплектующих, нормативные барьеры и т. д.) [153].

Для более широкого международного сравнения можно привести работу южнокорейских исследователей Ли и др. Они разработали рамочную методику измерения технологического суверенитета стран и протестировали ее на примере полупроводниковой отрасли. В основе методики лежат три компонента (очень близкие, по сути, к упомянутым европейским категориям): инновационный потенциал, производственный потенциал и независимость цепочек поставок. Для каждого компонента предложены расчетные индикаторы на основе общедоступных данных: патентная активность (международные патенты) характеризует инновационный компонент; объемы экспорта высокотехнологичной продукции – производственный компонент; доля импорта во внутреннем потреблении – независимость цепочек поставок. По этим показателям рассчитываются отдельные индексы, а затем агрегированный индекс технологического суверенитета страны [174].

Отдельно стоит отметить опыт Китая и Соединенных Штатов Америки (США). Хотя термин «технологический суверенитет» там употребляется реже, но, по сути, оценивается то же самое – способность контролировать критические технологии. США традиционно опираются на индикаторы научно-технического лидерства (доля в глобальных тратах на НИОКР, число высокоцитируемых публикаций, патентов) и на показатели производственной независимости в стратегических секторах (например, объем внутреннего производства полупроводников, наличие отечественных поставщиков в оборонной промышленности) [149; 167; 190; 193]. Так, в докладах различных министерств и государственных бюро США могут приводиться десятки показателей по состоянию цепочек поставок, по которым оценивается риск зависимости. Китай ввел понятие «самодостаточности в технологиях» в свои планы и измеряет прогресс, в том числе долей отечественных компонентов в электронике, развитием национальных технопарков, количеством национальных стандартизованных технологий [151]. Оба

государства, таким образом, используют наборы метрик, встроенных в программы-без агрегирования в явный публичный индекс. Китайские документы по программе «Made in China 2025» содержат целевые проценты локализации по ряду высокотехнологичных товаров (например, цель достичь 70% отечественных компонентов в промышленной робототехнике) [179]. Таким образом, международная практика показывает: одни предпочитают комплексные индексы для общего обзора, другие-системы частных показателей по критическим направлениям.

В таблице 9 приведено сравнение различных систем показателей, разработанных в России и за рубежом, по критериям. Отражена страна (или контекст применения), авторы или инициаторы методики, структура показателей, практическая применимость, ограничения и уровень агрегирования данных.

Таблица 9 – Сравнение существующих методик оценки уровня технологического суверенитета в России и за рубежом

Страна / контекст	Автор / источник	Структура показателей	Применимость	Ограничения	Уровень агрегации
1	2	3	4	5	6
Россия (институциональная статистика)	Высшая школа экономики (ВШЭ) [111]	Коэффициент технологической зависимости: отношение патентных заявок нерезидентов к резидентам	Оценка инновационной зависимости; простой мониторинг	Узкий охват (только патенты); не учитывает производство; ограниченная пригодность для измерения технологического суверенитета	Единичный индикатор (1 показатель)
Россия (национальный индикатор)	Правительство РФ [14]	Комплексный индекс независимости, %: агрегирует прогресс по 8 критическим направлениям	Стратегический КПЭ нацпроекта; отслеживание цели 2030	Методика не раскрыта; один индекс может скрывать дисбаланс; риск формального подхода	Интегральный индекс

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6
Россия (академические исследователи)	М. А. Юревич и др.[97]	Многомерная система: несколько практических индикаторов без свертки (доля отечественных технологий в индустрии, доля импорта в потреблении, иностранная добавленная стоимость и пр.).	Диагностика сильных и слабых сторон по отраслям; основа для коррекции политики	Нет единого итога; требует широких данных по секторам; труднее наглядно представить динамику результатов.	Набор отдельных показателей.
Европейский Союз	Ponte и др.[153]	Индекс технологического суверенитета (TSI): комплекс из 3 блоков-активы и компетенции, драйверы суверенитета, условия (зависимости); каждый блок включает несколько метрик.	Сравнение позиций ЕС и конкурентов в критической технологии (пример 5G); выявление уязвимостей	Сложность расчета, требуются разнородные данные; субъективность весов; специфичен для одной отрасли.	Многомерный индекс (с подындексами).
Глобальный уровень (сравнительный анализ)	Ли и др.[174]	Индекс технологического суверенитета страны: агрегат 3 компонентов-инновационные способности (патенты), производственные (экспорт), независимость цепочек (импорт).	Международные сопоставления; анализ по отдельным отраслям внутри страны.	Учитывает только количественные показатели (не прямое качество технологий); требует актуальных мировых данных.	Интегральный индекс, включающий в себя анализ раздельно по компонентам.

Источник: составлено автором

Анализ показывает, что каждая система индикаторов имеет свои ограничения, и ни одна не дает исчерпывающей картины во всех измерениях технологического суверенитета. Простые метрики (например, патентная зависимость) охватывают лишь один аспект, в данном случае научно-инновационный, и упускают производственную и рыночную составляющие. Комплексные индексы стремятся охватить максимум, но сталкиваются с проблемой доступности данных. Например, европейские исследователи прямо указывают на трудности в сборе достоверных сведений: не всегда возможно точно отнести компании к

конкретным технологиям в статистике, сложно оценить количество специалистов, вовлеченных в разработку отдельных критических технологий и т. д. [46]. Эти пробелы данных снижают точность интегральных моделей. Кроме того, некоторые аспекты технологического суверенитета трудно количественно измерить. Кадровый потенциал и качество образования важны для долгосрочного суверенитета, но редуцировать их к одному числу проблематично и чаще используют косвенные индикаторы (например, количество инженеров, индекс человеческого капитала). Научно-исследовательский задел также не сводится только к числу патентов: важно и их качество, и коммерциализация, что не всегда отражено в цифрах. Степень контроля над технологиями может зависеть от правовых факторов (патентное право, лицензии), которые тоже трудно учесть в агрегированном показателе.

Отдельный вопрос-насколько полно существующие системы показателей отражают именно эффективность промышленной политики. Рост индекса не обязательно обусловлен результативностью промышленной политики. Например, если интегральный индекс вырос за счет конъюнктурного сокращения импорта (внешние санкции снизили импорт, механически повысив долю отечественной продукции), это не обязательно означает эффективную реализацию промышленной стратегии-важно, чтобы внутренние технологии действительно заполнили нишу. Поэтому интерпретация изменений показателей должна учитывать контекст. Глазунова В.В. подчеркивает, что без решения проблемы измерения технологического суверенитета сложно выработать научно обоснованную технико-экономическую политику [41]. То есть показатели должны не только фиксировать факт (достигнут или нет суверенитет), но и быть чувствительными к тем управленческим усилиям, которые предпринимаются. В этом плане многокомпонентные системы выглядят предпочтительнее, т. к. они позволяют разложить результат по отдельным показателям и понять, за счет чего достигнут прогресс или отставание (например, благодаря росту трат на НИОКР или благодаря таможенно-тарифным мерам сокращен импорт).

Таким образом, комплексная оценка технологического суверенитета требует балансировать между простотой и полнотой. Международный опыт (ЕС, Азия) и российские исследования сходятся в том, что сочетание нескольких групп индикаторов-оптимально. Государственные интегральные индексы целесообразно дополнять «панелью» из базовых метрик. Например, индекс технологической независимости РФ, будучи рассчитан, логично раскрывать по компонентам: доля отечественной продукции в приоритетных отраслях, уровень импортозамещения по ключевым товарам, динамика патентной активности и т. д. Это позволило бы устранить основной недостаток агрегированного показателя – непрозрачность источников роста или снижения значения индекса.

В соответствии с выводами автором предлагается система интегральных показателей, отражающая эффективность промышленной политики технологического суверенитета, заключающаяся в измерении шести верхнеуровневых ключевых количественных индикаторов и определении на их основе комплексного индекса технологического суверенитета, все показатели предлагается измерять в динамике относительно цели. В таблице 10 представлены данные индикаторы со способами расчета. Для каждого показателя также предлагается определить целевой уровень.

Таблица 10 – Предлагаемая система интегральных показателей для оценки эффективности промышленной политики технологического суверенитета

Показатель	Формула / описание
1	2
Патентная автономность	$P = \frac{\text{число заявлений на патент от заявителя РФ}}{\text{Общее число заявок на патент}}$
Расходы на НИОКР в ВВП	$R = \text{Расходы на НИОКР в ВВП}$

Продолжение таблицы 10

1	2
Доля высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте (ВВП)	$H = \text{Доля высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП}$
Доля импорта приоритетных товаров в общем объеме импорта	$Ic = \frac{\text{Стоимость импорта приоритетных товаров}}{\text{Общий объем импорта}}$
Доля высокотехнологичных и наукоемких товаров в общем экспорте	$E = \frac{\text{Стоимость экспорта высокотехнологичных и наукоемких отраслей}}{\text{Общий объем экспорта}}$
Кадровый потенциал	$S = \frac{\text{Число выпускников } STEM - \text{направлений}}{\text{Общее число выпускников ВУЗов}}$

Источник: составлено автором

Пояснения к показателям:

1) Показатель патентной автономности (Р) отражает долю патентных заявок, поданных в патентное ведомство РФ заявителями из РФ относительно общего числа заявок на патенты, поданных в РФ (включая зарубежных заявителей). Такой показатель является в некотором роде «традиционным» в оценке технологического суверенитета и используется в ряде исследований, например, в оценке ВШЭ [111]. Показатель публикуется Всемирной организацией интеллектуальной собственности (ВОИС) в статистической базе [208].

2) Показатель расходов на НИОКР в ВВП (R) характеризует то, насколько интенсивно российские компании и организации тратят средства на инновации. В некотором роде это будет прокси-показателем развития науки, данный показатель регулярно публикуется Росстатом [120].

3) Показатель доли высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП (H) характеризует прикладную реализацию результатов НИОКР через выпуск высокотехнологичных и наукоемких отраслей, иными словами, то, насколько разработанные решения (использующие результаты НИОКР) коммерциализируются и реализуются на практике, через оценку выпуска данных отраслей. Список

данных отраслей утвержден приказом Росстата от 15.12.2017 №832, включает в себя 28 отраслей, в т.ч. три высокого технологического уровня, 7 среднего высокого технологического уровня и 18 наукоемких отраслей, и публикуется Росстатом [13].

4) Показатель доли импорта приоритетных товаров в общем объеме импорта (I_c) отражает эффективность программ импортозамещения. Список приоритетных товаров утвержден Фондом Развития Промышленности (ФРП) в целях реализации Кластерной инвестиционной платформы (КИП) и предоставления субсидированных кредитов. В перечень входит 329 различных товаров [16]. Для целей оценки относительно объема импорта данных товаров для каждой позиции из перечня соответственно ее коду Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) определены соответствующие коды товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС) на основе переходных ключей ОКПД2-ТН ВЭД ЕАЭС, публикуемых Минэкономразвития [112]. Источником оценки международной торговли является база ООН Comtrade [206].

5) Показатель доли высокотехнологичных и наукоемких товаров в общем экспорте (E) взаимосвязан с показателями H и I_c и отражает то, насколько российские компании способны не только замещать импорт, но также и быть конкурентоспособными на мировом рынке. Показатель рассчитывается на основе Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) соответствующих списку высокотехнологичных и наукоемких отраслей, соответствия ОКВЭД2 уровню классификатора ОКПД2. В остальном методика расчета аналогична показателю I_c .

6) Показатель кадрового потенциала (S) оценивает будущий потенциал для достижения технологического суверенитета через оценку доли выпускников математических, естественно-научных, инженерных и технических специальностей (STEM) в общем выпуске ВУЗов. Показатель оценен на основе статистики

Росстата по выпуску бакалавров, специалистов, магистров по направлениям подготовки [121].

Далее каждый показатель нормируется по принципу "база-цель" и преобразовывается в безразмерные величины и в последующем агрегируется в единый интегральный индекс, целевые показатели определяются экспертно.

В формуле 1 представлен предлагаемый подход к нормированию каждого из показателей.

$$s_{i,t} = \frac{X_{i,t} - X_{i,base}}{X_{i,target} - X_{i,base}} \Rightarrow 0 \leq s_{i,t} \leq 1, \quad (1)$$

где $X_{i,t}$ – фактическое (измеренное) значение показателя i в году t ;

$X_{i,base}$ – базовое значение показателя i , соответствующее исходному (референсному) году;

$X_{i,target}$ – целевое значение показателя i , заданное на горизонт планирования (по национальным или отраслевым стратегиям, программам и экспертным оценкам).

Использование такого подхода к нормированию каждого из показателей позволяет достичь нескольких преимуществ:

- вычитание задает начало отсчета в нуле, что позволяет измерять именно «пройденный путь» относительно базисного и целевого уровня;
- деление на разницу между целью и базой переводит показатель в безразмерную шкалу $[0;1]$, где 0 – отсутствие прогресса, а 1 – полное достижение цели;
- итоговое значение показывает долю пути, пройденного к целевому уровню.

После получения нормированных значений $\{s_{i,t}\}_{i=1}^n$ для n показателей формируется интегральный индекс технологического суверенитета (далее – КИТС), расчет которого представлен в формуле 2:

$$\text{КИТС}_t = \sum_{i=1}^n w_i * S_{i,t}, \quad (2)$$

где w_i – весовая доля показателя i (автором предлагается использовать равномерное распределение $w_i = 1/n$, однако в зависимости от приоритетности отдельных направлений промышленной политики веса могут корректироваться экспертным путем);

n – число включенных в систему базовых показателей (в случае предложенной методики $n=6$).

Предложенный индекс отражает степень продвижения к стратегической цели по совокупности направлений. Для анализа «узких мест» возможно дополнительно визуализировать и интерпретировать вклад отдельных компонент.

2.2 Организационно-экономическая модель экономического анализа технологических проектов развития металлургических предприятий

Металлургические предприятия занимают ключевое место в промышленной системе России, однако инвестиционная среда в этой отрасли стала более нестабильной, а капитал – более ограниченным. Санкционные ограничения на оборудование и программное обеспечение, реорганизация логистики и ужесточение условий финансирования увеличивают затраты из-за нерационального распределения ресурсов и усложняют программы модернизации и импортозамещения [34]. В этих условиях необходимы не только тщательная оценка проектов, но и инструменты на уровне портфеля проектов, которые связывают технологическую стратегию с реализуемыми при заданных бюджетных ограничениях инвестиционными планами.

Управление портфелем проектов (УПП) обеспечивает связь между стратегией и реализацией, структурируя отбор, распределение ресурсов и постоянную перебалансировку в условиях неопределенности [137]. Однако общие стандарты

УПП требуют адаптации к особенностям отрасли, где проекты являются капиталоемкими, взаимозависимыми и подпадают под строгие экологические нормы и требования к качеству - характеристики, типичные для металлургических предприятий [204].

Автором разработана модель управления портфелем технологических проектов на российских металлургических предприятиях на основе ранее разработанной многокритериальной системы оценки, которая оценивает проекты по таким параметрам, как экономическая эффективность, соответствие экологическим требованиям, технологическая готовность и независимость от импорта [36]. Вклад заключается в расширении этой системы оценки на уровне проектов до системы поддержки принятия решений на уровне портфеля, которая: включает критерии в качестве факторов, определяющих ценность; учитывает календарь ресурсов и производственные ограничения (например, периоды простоя и логику устранения узких мест); рассматривает атрибуты согласования политики как источники ценности, подобные опционам (через условия финансирования и условные стимулы); и позволяет проводить анализ сценариев и стоимости капитала.

Эмпирически модель применяется к репрезентативному набору технологических проектов, например модернизации процессов, цифровизации/автоматизации, повышению энергоэффективности и обеспечению соответствия экологическим нормам, а также проектам импортозамещения. В результате определяется, как оптимальный состав портфеля меняется в зависимости от рыночных и финансовых сценариев.

Можно выделить три группы моделей управления проектами, которые представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Группировка моделей управления портфелями проектов

Группа моделей	Особенности моделей	Ограничения	Авторы
Модели управления портфелем с учетом рисков и сценарности (вкл. этапность и гибкость проектов)	Модели, которые оценивают проекты по NPV сценария и штрафуют за риск (CVaR); многоэтапные модели добавляют логику «продолжить/прекратить» или гибкость (реальные опционы)	Дискретизация и калибровка сценариев (хвосты, корреляции); размер модели растет с горизонтом $\times$ сценариями $\times$ этапами; гибкие модели требуют нетривиальных параметров волатильности	Dixit и Tiwari (2020) [156]; Salo, Andriotis и Liesiö (2021) [177]; Qiu, Dou и Chen (2024) [191]; Castro et al. (2021) [145].
Модели с учетом взаимодействия между проектами	Учитывают ценность синергии/каннибализации проектов и взаимодействия различных критериев	Высокая вычислительная нагрузка (много параметров); чувствительность к неверным входным параметрам; более сложные вычисления и потребности в данных	Liesiö, Kee и Malo (2024) [176]; Brunelli и Corrente (2024) [141].
Модели выбора проектов с учетом графика реализации, ресурсных ограничений и отраслевой специфики	Модели, которые выбирают проекты и планируют их с учетом (не-)возобновляемых ресурсов, приоритетов, параллельности, взаимного исключения и производственных календарей; четкое указание сроков получения денежных потоков; отраслевые адаптации с учетом ограничений отрасли	Часто излишне детерминированные или с низкой степенью неопределенности; интеграция с экономикой/политикой может быть грубой; масштабируемость ухудшается при росте количества параметров	Ranjbar et al. (2022) [192]; Ar-ratia-Martínez и др. (2021) [138]; Симченко и др. (2025) [83].

Источник: составлено автором

Эти подходы являются технически зрелыми, но для российских металлургических предприятий в 2022-2025 годах имеют значение два ограничения. Во-первых, большинство приведенных исследований предполагают стабильный доступ к оборудованию, программному обеспечению и финансированию; в то же время после 2022 года документируются изменение премий за риск и условий финансирования, связанных с самообеспеченностью сырьем и политическими потрясениями. По мнению автора, это должно напрямую учитываться в ставках дисконтирования и сценариях денежных потоков. Во-вторых, отраслевые исследования призывают к пересмотру системы рисков в горно-металлургической промышленности в условиях структурной турбулентности, что означает, что

портфельные модели должны учитывать политику (например, право на целевую поддержку) и быть реалистичными с точки зрения операционной деятельности (например, плановые остановки) [23]. Дополнительно, различными исследователями подчеркиваются важность мониторинга показателей устойчивости металлургических компаний и стратегическая значимость технологического суверенитета.

Автором предлагается учесть данную специфику с помощью адаптированной к отрасли структуры модели, которая преобразует результаты оценки индивидуальных проектов (экономическая эффективность, соответствие экологическим требованиям, технологическая готовность, независимость от импорта) в оценку стоимости портфеля с поправкой на риск, а затем выбирает и упорядочивает проекты с учетом реалистичных ограничений. На рисунке 1 представлена ее структура.

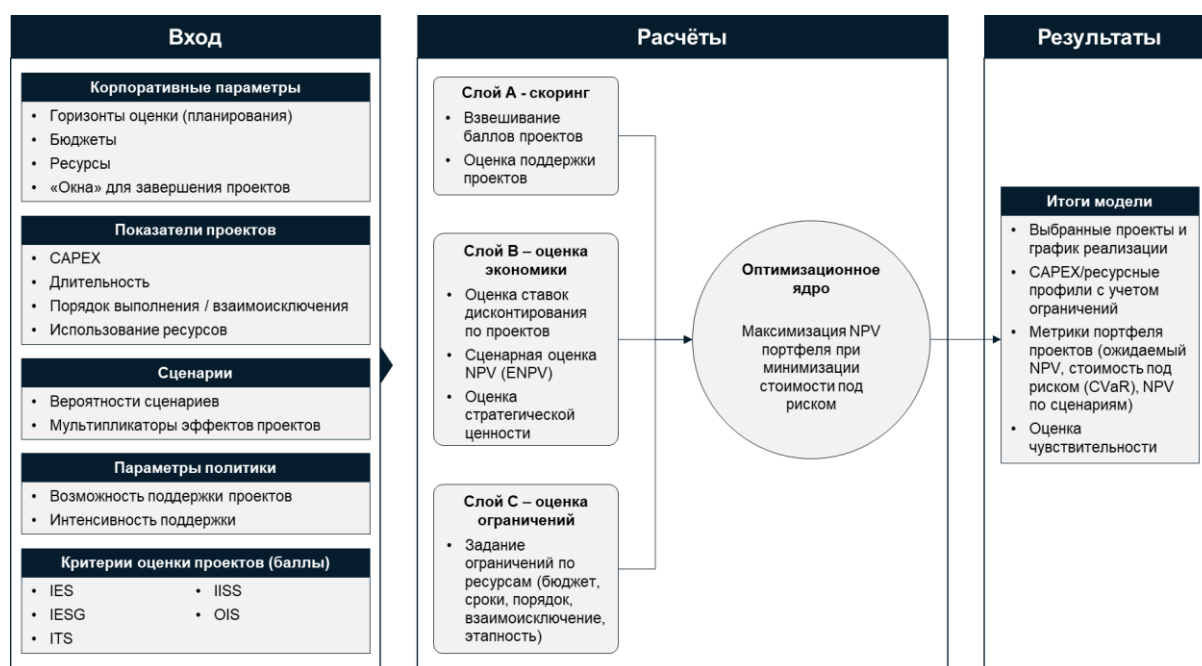


Рисунок 1 – Предлагаемая модель управления портфелем технологических проектов.

Источник: составлено автором

Как видно, модель состоит из нескольких частей: входных параметров, слоев расчетов с итоговой оптимизацией вариантов портфеля относительно целевой функции максимизации NPV, при этом минимизируя стоимость под риском (CVaR). В таблице 12 представлено описание основных частей модели.

Таблица 12 – Части предложенной модели

Часть модели	Суть части
Входные данные	Указываются горизонты планирования, годовые бюджеты капитальных затрат и мощности по отключениям/персоналу, а также ограничения «окна» для установок. Для каждого проекта задаются распределение капитальных затрат по периодам, продолжительность, потребность в ресурсах, допустимые годы начала, правила приоритета/взаимного исключения и краткий поток выгод после завершения. Неопределенность представлена небольшим набором сценариев с вероятностями и множителями выгод. Параметры политики кодируют, может ли проект получить поддержку, когда и с какой интенсивностью. Система оценки проектов предоставляет нормированные значения показателей и соответствующие веса.
Слой А-скоринг	Система оценки преобразует разнородные данные в три сигнала для принятия решений: показатель полезности стратегической/качественной ценности (взвешенная сумма нормализованных критериев) показатель риска, который возрастает при низкой технологической готовности и высокой зависимости от импорта, признак соответствия условиям поддержки, который включает поддержку при достижении пороговых значений.
Слой В – оценка экономики	Каждому проекту присваивается специфическая для него ставка дисконтирования, которая корректирует базовый уровень с учетом его рискового коэффициента и политического флага. Используя мультипликаторы сценария, дисконтируются капитальные затраты на реализацию и выгоды после завершения проекта, чтобы получить NPV по каждому сценарию.
Слой С – оценка ограничений	Перед выбором проверяется осуществимость: годовые капитальные затраты и ресурсы на отключение не должны превышать пределы; работа может выполняться только в разрешенные периоды; должны соблюдаться правила приоритета и взаимного исключения. Этот уровень определяет область осуществимых графиков реализации.
Ядро оптимизации	В пределах этой области осуществимости модель выбирает и распределяет по времени проекты, чтобы максимизировать стоимость портфеля при одновременном контроле риска снижения. Решается скалярная задача – максимизация стоимости за вычетом штрафа, пропорционального стоимости под риском (CVaR).
Результаты	Модель возвращает перечень проектов, реализуемых при заданных ограничениях, с годами начала реализации, годовыми капитальными затратами и профилями ресурсов по сравнению с лимитами, а также показателями портфеля (NPV и CVaR). Выводится таблица чувствительности с изменениями параметров.

Источник: составлено автором

Таким образом, разработана модель управления портфелем технологических проектов на металлургических предприятиях, адаптированная к актуальным российским условиям. Вклад заключается в создании трехслойной структуры, которая (i) преобразует систему показателей предприятия в сигналы для принятия решений; (ii) проводит экономическую оценку с учетом рисков и политики посредством дисконтирования конкретных проектов и расчета чистой приведенной стоимости сценариев; (iii) обеспечивает реализуемость на уровне предприятия (годовые капитальные затраты, бюджеты, простои, приоритеты и взаимное исключение между проектами). Выбор портфеля и сроки реализации определяются на основе скалярной задачи линейного программирования, которая максимизирует совокупную стоимость и одновременно учитывает риск с помощью CVaR, что позволяет получить реализуемые графики и четкий компромисс между стоимостью и риском для управления.

После определения портфельной логики необходимо задать оценку отдельного проекта, поскольку именно проектные баллы формируют входные параметры портфельной оптимизации. К классическим подходам, используемым для оценки проектов, относятся экономические оценки с акцентом на анализ затрат и выгод, возврат инвестиций (ROI) и расчет чистой приведенной стоимости (NPV) и проч. Эти подходы широко используются в промышленности и научных кругах для оценки целесообразности и потенциального воздействия проектов.

Они также используются и при оценке инновационных технологических проектов, например, в исследованиях использовался анализ затрат и выгод [178] а в других - ROI и NPV для оценки финансовой эффективности технологических инвестиций [64]. Другой известной системой является оценка уровня готовности технологии (Technology readiness level, TRL), которая была первоначально разработана NASA в 1980-х годах [180]. TRL оценивает зрелость технологии по шкале от 1 до 9, где 1 означает самый низкий уровень зрелости, а 9 – самый высокий уровень зрелости. Эта система широко применяется в различных отраслях

промышленности, включая аэрокосмическую, оборонную и энергетическую, для оценки готовности технологий к коммерциализации. Во многих исследованиях система TRL неоднократно модифицировалась и расширялась, предлагались модификации и расширения для улучшения ее применимости и актуальности в конкретных условиях. [142; 164]

Например, разработаны унифицированные системы TRL, такие как система сбалансированного подхода к оценке готовности проектов в целом – методология TRPL (Technology project readiness level) [72].

Оценка технологических инновационных проектов требует многогранного подхода, выходящего за рамки финансовых показателей и включающего в себя техническое качество, воздействие на окружающую среду, экономическую целесообразность, расходы на НИОКР и прочие экономико-социальные факторы, в том числе связанные с расходами на охрану окружающей среды и расходами на социальную защиту и общественное развитие [134].

К примеру, относительно оценки эффективности технологических проектов, связанных с цифровыми технологиями, Кокуйцева Т.В. и Овчинникова О.П. выделяют методы инвестиционного анализа, построение динамических моделей, оценку соотношения эффекта к затратам, оценку эффективности через конечный результат, оценку через коэффициент добавленной стоимости и экспертный метод [57]. Это особенно важно в России, где императивы эффективности инвестиций имеют первостепенное значение для устойчивой практики импортозамещения, особенно в свете отстающей от развитых стран производительности труда, а использование цифровых технологий позволяет сократить данный разрыв [154].

Цифровые технологии играют ключевую роль в импортозамещении, поскольку позволяют интегрировать передовые инструменты и системы в местные производственные процессы [143]. Внедрение цифровых технологий не только повышает эффективность отечественного производства, но и способствует разработке инновационных решений для замещения импортных товаров и услуг.

В высокотехнологичных сегментах отраслей, к примеру внутри АПК, Чернова В.Ю. и Хейфец Б.А. выделяют несколько характеристик для оценки технологических проектов для целей государственной поддержки – это несколько показателей, характеризующих необходимый уровень государственной поддержки проекта, создание рыночного продукта (продажи) и, специфичный для данного сектора показатель, улучшение сельскохозяйственных земель [146]. Стоит отметить, что данные показатели ориентированы в первую очередь на оценку проектов с точки зрения разработки промышленных политик, однако после адаптации показателей к задачам оценки на уровне предприятия они могут быть использованы и на микроуровне – оценивая, к примеру, необходимый уровень финансовой поддержки проекта со стороны управляющей компании.

Политика импортозамещения, особенно в промышленности, требует проактивных стратегий, учитывающих меняющиеся тенденции рынка и новые возможности для бизнеса – такие стратегии предполагают ориентацию на процессы производства с высокой добавленной стоимостью (HVA) и максимальное использование российских научно-технологических разработок в эти процессы [88].

Трансфер технологий также может стать ценным инструментом для продвижения инициатив по импортозамещению, ориентированных на экспорт [169]. Также трансфер технологий положительно влияет на развитие предпринимательского потенциала [71].

Факторы ESG также оказывают значительное влияние на технологические проекты [39]. Следовательно, нельзя не учитывать их при оценке таких проектов в условиях ограничительных санкций.

Следует отметить, что комплексное понимание факторов, влияющих на успех технологических проектов импортозамещения, имеет решающее значение. Сосредоточившись на развитии местного производства, внедрении цифровых технологий, использовании международного трансфера технологий и согласовании стратегий с тенденциями рынка, РФ реализовывать меры импортозамещения и укреплять свою экономическую независимость.

Для интеграции различных преимуществ существующих подходов данное исследование направлено на разработку новой системы технологической оценки инновационных проектов с точки зрения импортонезависимости, включающей спектр критериев и показателей, отражающих взаимосвязь между экономическими, ESG-, технологическими и импортозамещающими параметрами проекта. Данная система может быть использована на микроуровне предприятиями и финансовыми организациями при оценке проектов. В таблице 13 представлены критерии и индикаторы оценки.

Таблица 13 – Система критериев и индикаторов оценки

Критерий	Индикатор	Способ оценки	Оценщик
1	2	3	4
Экономика	Чистый приведенный доход (Net Present Value, NPV)	Количественный	Финансовый аналитик
	Внутренняя норма рентабельности (Internal rate of return, IRR)	Количественный	Финансовый аналитик
	Срок окупаемости (Payback period, PP)	Количественный	Финансовый аналитик
	Возврат на инвестиции (Return on Investment, ROI)	Количественный	Финансовый аналитик
	Экономическая добавленная стоимость (Economic value added, EVA)	Количественный	Финансовый аналитик
ESG	Воздействие на окружающую среду (Environmental Impact, EI)	Качественный	Специалист по ESG
	Воздействие на социальную среду (Social Impact, SI)	Качественный	Специалист по ESG или HR
	Качество управления (Governance Quality, GQ)	Качественный	Специалист по ESG
	План регуляторного комплаенса (Regulatory Compliance Plan, RCP)	Качественный	Специалист по ESG, специалист по комплаенсу, юрист
Технологический потенциал	Уровень готовности технологий (Technology Readiness Level, TRL)	Качественный	Технологический эксперт, проектный менеджер
	Индекс инноваций (Innovation Index, II)	Количественный	Юрист, финансовый аналитик
	Интенсивность НИОКР (НИОКР Intensity, RDI)	Количественный	Финансовый аналитик
	Маркетинговый потенциал (Market potential, MP)	Качественный	Маркетинговый аналитик
	Масштабируемость (Scalability, S)	Качественный	Маркетинговый аналитик

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
Импортозамещение	Снижение импортозависимости (Reduction in import dependency, RID)	Количественный	Финансовый аналитик
	Локализация (Local Content Usage, LCU)	Количественный	Финансовый аналитик
	Создание рабочих мест (Job Creation, JC)	Количественный	Финансовый аналитик, HR
	Стратегическая важность (Strategic Importance, SI)	Качественный	Внешний отраслевой эксперт

Источник: составлено автором

Каждый критерий включает в себя несколько индикаторов, как количественных, так и качественных. В состав группы оценки входят аналитики финансового блока, специалисты по ESG, маркетологи, юристы и HR и может потребоваться привлечение внешнего эксперта в части оценки стратегической значимости. Система также включает в себя критерии, позволяющие оценить проект по экономическим, ESG-, технологическим и импортозамещающим критериям, в т.ч. учитывая технологическую специфику и особенности санкционного давления. В таблице 14 представлены формулы для оценки каждого индикатора.

Таблица 14 – Формулы оценки индикаторов системы

Критерий	Индикатор	Формула оценки
1	2	3
Экономика	Чистый приведенный доход (Net Present Value, NPV)	Стандартная формула NPV
	Внутренняя норма рентабельности (Internal rate of return, IRR)	Стандартная формула IRR
	Срок окупаемости (Payback period, PP)	Стандартная формула срока окупаемости
	Возврат на инвестиции (Return on Investment, ROI)	$ROI = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Стоимость инвестиций}} \times 100$
	Экономическая добавленная стоимость (Economic value added, EVA)	$EVA = NOPAT - (WACC \times \text{Оценка капитала})$
ESG	Воздействие на окружающую среду (Environmental Impact, EI)	Качественная оценка

Продолжение таблицы 14

1	2	3
	Воздействие на социальную среду (Social Impact, SI)	Качественная оценка
	Качество управления (Governance Quality, GQ)	Качественная оценка
	План регуляторного комплаенса (Regulatory Compliance Plan, RCP)	Качественная оценка
Технологический потенциал	Уровень готовности технологий (Technology Readiness Level, TRL)	Оценка по шкале TRL (1-9)
	Индекс инноваций (Innovation Index, II)	$II = \frac{\text{Количество патентов}}{\text{Длительность проекта (лет)}}$
	Интенсивность НИОКР (НИОКР Intensity, RDI)	$RDI = \frac{\text{Затраты на НИОКР}}{\text{Все затраты на проект}} \times 100$
	Маркетинговый потенциал (Market potential, MP)	Качественная оценка
	Масштабируемость (Scalability, S)	Качественная оценка
Импортозамещение	Снижение импортозависимости (Reduction in import dependency, RID)	$RID = \frac{\text{Стоимость замещенного импорта}}{\text{Общая стоимость импорта}} \times 100$
	Локализация (Local Content Usage, LCU)	$LCU = \frac{\text{Локальные компоненты}}{\text{Общее количество компонентов}} \times 100$
	Создание рабочих мест (Job Creation, JC)	$JC = \text{количество созданных рабочих мест}$
	Стратегическая важность (Strategic Importance, SI)	Качественная оценка

Источник: составлено автором

Также стоит отметить, что различия в шкалах индикаторов требуют нормирования полученных значений. необходима нормализация полученных показателей. Если в случае качественных оценок данная задача относительно тривиальна – оценка может сразу проводиться в необходимой шкале, к примеру, 0-10, то для количественных оценок возможности нормализации разнятся. Основными методами являются десятичное масштабирование, минимаксная нормализация и z-нормализация. [185] Учитывая то, что предлагаемая система логична при оценке проектов и их сравнении между собой, применимы как минимаксная нормализация, так и z-нормализация, однако учитывая возможные «выбросы» в данных

(некоторые проекты могут быть более эффективны, чем другие), то автор считает корректным использовать z-нормализацию. Таким образом, шаги по нормализации значений выглядят так:

- Расчет арифметического среднего (μ) и стандартного отклонения (σ) для каждого количественного индикатора среди всех оцениваемых проектов.
- Расчет z-нормализованного количественного индикатора.
- Приведение нормализованной оценки к шкале оценки (к примеру, 0-1, если балл z-оценки менее 0, то 0, а если более 1, то 1)

Кроме того, возможен расчет и интегрального показателя оценки как по отдельным критериям, так и в целом по проекту. Возможным представляется использование системы весов, определяемых экспертной группой в каждом случае, либо расчет через простую среднюю, если определение весов невозможно. В таблице 15 представлены формулы для расчета интегральных показателей (в случае, если все показатели нормализованы).

Таблица 15 – Расчет интегральных показателей системы оценки

Критерий	Интегральный показатель простой	Интегральный показатель взвешенный
Экономика (Integral Economic Score, IES)	Интегральный показатель $= \frac{\sum_i^n x_i}{n}$, где x – индикатор; n – число индикаторов; i – номер индикатора.	Интегральный показатель $= \frac{\sum_i^n x_i \times w_i}{n}$, где x – индикатор w – вес индикатора n – число индикаторов; i – номер индикатора.
ESG (Integral ESG Score, IESG)		
Технологический потенциал (Integral Technological Score, ITS)		
Импортозамещение (Integral Import Substitution Score, IISS)		
Общая оценка проекта (Overall Integral Score, OIS)	$OIS = \frac{IES + IESG + ITS + IISS}{4}$	

Источник: составлено автором

Таким образом высчитывается интегральный показатель по каждому из критериев, и затем определяется общий балл проекта путем расчета простого среднего из показателей критериев.

Наряду с оценкой отдельных проектов и портфеля, реализация политики технологического суверенитета требует рассмотрения кооперационной среды, в последние годы стратегические императивы технологического развития и импортной независимости приобрели первостепенное значение для России, что обусловлено как внутренними амбициями, так и внешним геополитическим давлением. Глобальный ландшафт все больше характеризуется быстрым технологическим прогрессом и меняющейся динамикой экономического влияния, что требует от стран укрепления своего промышленного потенциала для поддержания конкурентоспособности. Для России эта проблема особенно остра, учитывая ее историческую зависимость от экспорта энергоносителей и необходимость диверсификации своей экономической базы [42].

Концепция инновационных промышленных экосистем возникла для диффузии инноваций. Исходя из этого, промышленные экосистемы могут использоваться для поддержки политики импортонезависимости, к примеру, экосистемы, характеризующиеся синергией между предприятиями, научно-исследовательскими институтами и государственными органами, способствуют распространению инноваций, повышают производительность и укрепляют экономическую устойчивость [139]. Для России интеграция предприятий в такие экосистемы является не просто экономической стратегией, но и важным шагом на пути к обеспечению национальной безопасности и технологического суверенитета [96].

Несмотря на признанную важность экосистем, существует заметный пробел в разработанности методических подходов к оценке эффективности интеграции предприятий в них [205].

Мур ввел термин "бизнес-экосистема" для описания взаимосвязанной природы организаций, которые совместно развивают свои возможности и роли [182]. Эта концепция была распространена на промышленные экосистемы,

подчеркивая совместное взаимодействие между предприятиями, научно-исследовательскими институтами и государственными органами [132].

Эмпирические исследования подчеркивают преимущества промышленных экосистем в продвижении инноваций. Например, Аутио и Томас иллюстрируют, как экосистемы способствуют перетокам знаний, улучшают совместное использование ресурсов и стимулируют предпринимательскую деятельность [139]. Аналогичным образом, Кларисс и др. демонстрируют, что экосистемы обеспечивают условия, в которых компании получают доступ к критически важным ресурсам и масштабировать свою деятельность [212]. В контексте России развитие инновационных промышленных экосистем имеет решающее значение для преодоления структурных экономических проблем и достижения технологической самодостаточности. Клейнер Г.Б. отмечает, что именно промышленные экосистемы способны и, вероятно, станут основными экономическими структурами в РФ в будущем [55]. В свою очередь именно технологическое развитие является краеугольным камнем современной промышленной политики, позволяя странам повышать свои конкурентные преимущества и обеспечивать экономический рост [59].

Оценка эффективности интеграции предприятий в промышленные экосистемы требует подходов, которые сочетают качественные и количественные оценки. Существующие исследования предлагают различные фреймворки, хотя многие из них сосредоточены преимущественно на качественных метриках.

Каннингем и др. рассматривают качественные методы анализа случаев, используемые в исследованиях по трансферу технологий, отмечая, что, хотя эти методы обеспечивают глубокое понимание, им часто не хватает обобщаемости. Они выступают за смешанные методы, которые включают количественные данные для повышения надежности результатов [152].

Количественные методологии обычно включают использование таких метрик, как выпуск инновационной продукции, интенсивность сотрудничества и использование ресурсов. Например, Кетчен и Халт предлагают комплексный

фреймворк для измерения цепочек поставок, который можно адаптировать для оценки промышленных экосистем. Их подход подчеркивает важность стратегического согласования, обмена информацией и измерения производительности [171].

В России также проводятся исследования эффективности интеграции экосистем. К примеру, в статье Гамидуллаевой Л.А., Толстых Т.О. и Шмелевой Н.В. представлена методология оценки потенциала промышленных экосистем, включающая как качественные, так и количественные оценки. Она включает иерархическую структуру для оценки потенциала на трех уровнях: отдельных акторов, групп акторов и экосистемы в целом. Оценка группового потенциала включает такие виды потенциала, как имиджевый, стратегический, интеллектуальный, коммуникационный, инвестиционный, технологический, проектный, ресурсный и интеграционный потенциалы. Подчеркивая важность принципов циркулярной экономики и устойчивых практик, методология акцентирует роль этих принципов в развитии и функционировании промышленных экосистем, тем самым способствуя устойчивому развитию и конкурентоспособности в региональных экономиках [38]. Также, в статье Молчан А.С., Толстых Т.О. и Надаенко А.Ю. отмечается, что экосистемы создаются с определенной целью или миссией, относительно которой реализуются проекты [66].

Учитывая опыт других исследователей, автором предлагается методический подход, представленный в таблице 16.

Таблица 16 – Этапы определения эффективности интеграции предприятий в промышленную экосистему.

Этап	Цель	Основные направления деятельности	Инструменты	Результат
1) Скрининг	Определить потенциальные предприятия для интеграции	Предварительный сбор данных	Опросы, отраслевые отчеты, экспертные консультации	Шорт-лист предприятий
2) Оценка влияния на целевой показатель	Спрогнозировать влияние интеграции Обозначить роли акторов в экосистеме Оценить стратегическое выравнивание к целям	Сбор базовых метрик, прогнозная аналитика	Статистический анализ, инструменты прогнозирования	Отчет о влиянии на целевой показатель
3) Валидация результатов	Проверить результаты этапов 1 и 2	Интервью с экспертами, фокус-группы	Интервью, протоколы фокус-групп	Уточненная оценка с экспертным мнением
4) Оценка рисков	Выявить и снизить потенциальные риски	Идентификация рисков, планирование их минимизации	Матрица рисков	Комплексная оценка рисков и план их снижения
5) Принятие решений	Принять обоснованное решение об интеграции	Обзор результатов, встреча с заинтересованными сторонами	Сводные отчеты, система принятия решений	Окончательное решение и план реализации
6) Реализация и мониторинг	Обеспечить успешную интеграцию и постоянное совершенствование	Выполнение плана интеграции, непрерывный мониторинг	Панели индикаторов, регулярные обзоры	Успешная интеграция и постоянное совершенствование

Источник: составлено автором

Процесс оценки предприятий для интеграции в промышленные экосистемы подобен процессу отбора проектов для портфеля проектов. [175].

Для оценки на этапе скрининга для каждого предприятия может быть получен интегральный показатель (OIS), который приведен в таблице 17 [36].

Таблица 17 – Оценка интегрального показателя OIS

Составляющие оценки	Интегральный показатель простой	Интегральный показатель взвешенный
Экономика (Integral Economic Score, IES)	Интегральный показатель $= \frac{\sum_i^n x_i}{n}, \text{ где}$ x – индикатор n – номер индикатора	Интегральный показатель $= \frac{\sum_i^n x_i \times w_i}{n}, \text{ где}$ x – индикатор w – вес индикатора n – номер индикатора
ESG (Integral ESG Score, IESG)		
Технологический потенциал (Integral Technological Score, ITS)		
Импортозамещение (Integral Import Substitution Score, IISS)		
Общая оценка проекта (Overall Integral Score, OIS)	$OIS = \frac{IES + IESG + ITS + IISS}{4}$	

Источник: составлено по материалам [36]

Стоит отметить, что в скрининге следует учитывать и экспертное мнение по поводу включения компаний в шорт-лист. К примеру, оценку OIS разумно проводить для производственных или сырьевых компаний, а, к примеру, региональные органы власти, банки или научные институты также могут привнести положительный вклад, однако их оценка с точки зрения этого показателя может быть затруднена.

В свою очередь, на этапе 2 следует исходить из целей проводимой оценки – к примеру, ею может являться достижение определенных показателей импортозамещения. В таком случае эффективность интеграции следует оценивать как величину влияния проектов в экосистеме на целевой показатель, что представлено в формуле 3.

$$y = T_{i+1}^{eco} - T_i, \quad (3)$$

где y – величина влияния интеграции в экосистему на целевой показатель;

T_{i+1}^{eco} – расчетное значение целевого показателя в целевом периоде с учетом эффектов интеграции в экосистему;

T_i – значение целевого показателя в базовом периоде.

Кроме того, следует оценить роли акторов в экосистеме. В статье [38] обозначены такие роли, как инициатор, интегратор, разработчик, поставщик инвестиционных ресурсов, поставщик уникальных ресурсов, промоутер проектов и генератор циркулярности.

На этапе 3 проводится валидация полученных результатов с помощью экспертного интервью или фокус-групп. Итогом этапа становится уточненная оценка с предыдущих этапов и экспертное заключение о целесообразности интеграции предприятий в промышленную экосистему.

На этапе 4 оцениваются риски, включая составление матрицы рисков и разработку плана по их митигации.

Этапы 5 и 6 включают принятие решения об интеграции, реализацию этого решения и последующий мониторинг.

Таким образом, предложенный подход позволяет оценить эффективность интеграции предприятий в промышленную экосистему.

2.3 Алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования развития предприятий

Геополитические вызовы и ограничения доступа к критическим технологиям перевели понятие технологического суверенитета из теоретической плоскости в разряд измеримых целей корпоративной стратегии. Сегодня он рассматривается как способность субъекта контролировать критические технологии для обеспечения устойчивости развития. Для российских предприятий эта задача осложняется необходимостью ускоренного импортозамещения и адаптации к санкционному давлению.

На уровне фирмы технологический суверенитет тесно связан с понятием технологического потенциала. В международной практике для его оценки используются модели технологических способностей и цифровой зрелости.

Вместе с тем существует разрыв между статическими инструментами диагностики (индексы зрелости) и динамическими механизмами управления (портфели проектов). Традиционные композитные индикаторы фиксируют текущий «срез», но не позволяют строго обосновать, как именно конкретные проектные воздействия изменят интегральную оценку в будущем.

Предлагается решение данной проблемы через введение понятия траектории технологического развития предприятия и ее прогнозирования. Оценка текущего технологического потенциала и прогнозирование траектории предлагается осуществлять через алгоритм, который связывает динамику интегральной оценки технологического потенциала, базовая динамика показателей без реализации новых проектов и эффекты от реализации портфеля технологических проектов.

Исследовательская задача состоит в построении воспроизводимого алгоритма, связывающего диагностику текущего состояния, оценку влияния проектов и сценарное прогнозирование. Соответственно цель-разработка воспроизводимого алгоритма построения траекторий технологического развития, основанного на конвертации ожидаемых эффектов от внедрения проектов в динамические ряды субиндексов и интегрального показателя потенциала.

В работах последних лет понятие технологического потенциала на уровне предприятия чаще всего определяется через близкие конструкции: технологические способности, инновационная способность, цифровая зрелость/готовность. Общим является понимание технологического потенциала как многомерной способности фирмы поддерживать технологические изменения за счет ресурсов, компетенций, управленческих рутин и внешних связей.

В контексте промышленных предприятий предлагаются рамки по функциональным уровням (производство, инжиниринг, цифровизация/данные, организация и др.) и по уровням сложности [186].

Исследования по цифровой зрелости показывают, что практико-ориентированная оценка технологического развития предприятия строится как диагностика

текущего состояния по набору измерений, часто в форме зрелостных моделей. При этом систематические обзоры подчеркивают разнообразие инструментов и необходимость сопоставимости процедур нормализации/агрегации [85; 93; 194; 214]. Отдельные исследования последних лет подтверждают устойчивую положительную связь технологических способностей с эффективностью фирм, что оправдывает использование интегральной меры технологического потенциала как объясняющей переменной конкурентоспособности [187; 203]. В таблице 18 изложены основные подходы/методы к определению технологического потенциала предприятия.

Таблица 18 – Подходы/методы к определению технологического потенциала предприятия

Подход/метод	Как определяется на практике	Типичные измерения	Сильные стороны	Ограничения
Технологические способности фирмы	Способности по функциональным уровням и уровням сложности	Производство, инжиниринг, цифровизация, организация и др. [186].	Подходит для декомпозиции на блоки индекса	Часто описателен; нужна строгая процедура нормализации/взвешивания для индекса
Цифровая зрелость/готовность	Диагностика текущего уровня цифровой трансформации	Технологии, процессы, данные, управление, компетенции [29; 85; 194; 214].	Прикладная интерпретируемость	Обычно «срез» текущего состояния; прогнозирование часто не встроено
Инновационный потенциал/способность предприятия	Интегральная оценка факторов готовности к инновациям и реализации проектов	Ресурсы, кадры, организация, результаты/эффекты [44; 61].	Доступность логики интегрального показателя и алгоритмов расчета	Чаще фокус на инновациях в целом, без явной компоненты импортозависимости
Технологический суверенитет как ограничение/цель	Способность снижать критические зависимости и сохранять независимость в критических технологиях	Импортозависимости, локализация, устойчивость цепочек, сети [89; 95; 157].	Позволяет учитывать цели технологического суверенитета и риски зависимости	Чаще на макроуровне; микро-операционализация требует специальной конструкции индикаторов

Источник: составлено автором

С учетом этого автором интерпретируется определение технологического потенциала как ориентированной на будущее интегральной характеристики, отражающей способность предприятия создавать/осваивать/адаптировать/коммерциализировать технологии на средне- и долгосрочном горизонте.

Стоит также отметить и актуальность технологического суверенитета как «сквозной» темы, которая должна проходить через индикаторы, с учетом текущего геополитического контекста. Как правило, он конкретизируется через наборы показателей, однако перенос показателей технологического суверенитета на уровень предприятия обычно не формализован: разные авторы фиксируют либо «панель» ключевых показателей, либо агрегированные индексы, при этом прямой перенос на уровень предприятия обычно не формализован [35]. В предыдущих работах автора разработана система интегральных показателей оценки эффективности политики технологического суверенитета на макроуровне, а также предложена система критериев оценки технологических проектов в этом же контексте (но на уровне предприятий). [35; 36]

С учетом сказанного, для прогнозирования технологического потенциала автором предлагается ввести понятие «траектория технологического развития предприятия», как упорядоченную во времени динамику интегральной оценки технологического потенциала и ее компонент (субиндексов), формируемую внутренним накоплением компетенций и реализуемыми технологическими проектами, при заданных ограничениях и целях технологического суверенитета.

Автором предлагается алгоритм, который связывает три уровня анализа: (1) текущий технологический потенциал предприятия; (2) влияние портфеля технологических проектов на этот потенциал; (3) сценарное прогнозирование траекторий технологического развития, что проиллюстрировано на рисунке 2.

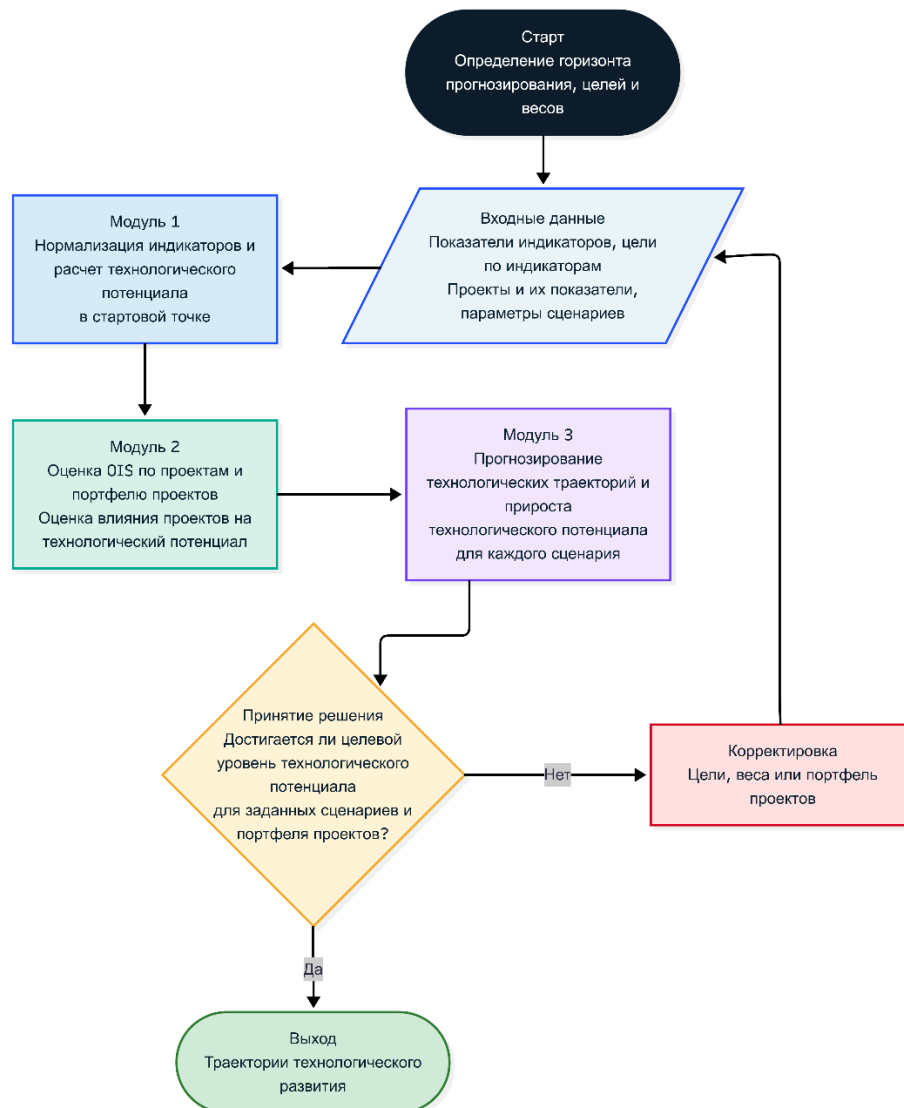


Рисунок 2 – Блочная диаграмма алгоритма.

Источник: составлено автором

Первый модуль рассчитывает индекс текущего технологического потенциала предприятия. Отправной точкой является понимание технологического суверенитета и технологического развития как явлений, которые не могут быть сведены к одному показателю, но должны отражать инновационный потенциал, производственные возможности, независимость от критически важных ресурсов и человеческий капитал.

На уровне металлургического предприятия технологический потенциал описывается системой показателей, сгруппированных в несколько блоков. Конкретный перечень показателей построен по аналогии с национальной системой интегрированных показателей технологического суверенитета: при его формировании макропеременные-доля высокотехнологичных отраслей в ВВП, импортозависимость критически важных товаров, патентная автономия и т. д.—заменены их микроуровневыми аналогами. Предлагаемый список индикаторов приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Список индикаторов для алгоритма

Блок	Символ индикатора	Краткое описание (микроуровень)	Единица измерения	Направление
1	2	3	4	5
А. Производственная база	X _{1,t}	Доля основного технологического оборудования (доменные печи/конвертеры/электродуговые печи/прочие машины), возраст которого не превышает 10 лет, в общей установленной мощности	% мощности	Больше-лучше
	X _{2,t}	Доля производственных мощностей, работающих с использованием НДТ (в соответствии с национальными критериями НДТ)	% мощности	Больше-лучше
	X _{3,t}	Удельное энергопотребление при производстве жидкой стали	GJ на т жидкой стали	Меньше-лучше
	X _{4,t}	Незапланированные простои ключевого производственного оборудования в общем календарном времени	% календарного фонда	Меньше-лучше
В. Инновации и научно-исследовательский потенциал	X _{5,t}	Интенсивность НИОКР (общие расходы на НИОКР и экспериментальные разработки на предприятии)	% выручки	Больше-лучше
	X _{6,t}	Доля инженерно-технического и научно-исследовательского персонала в общей численности персонала	% от численности	Больше-лучше
	X _{7,t}	Патентная деятельность, связанная с металлургическими технологиями	Патенты и гранты на 1000 сотрудников	Больше-лучше
	X _{8,t}	Доля выручки от продуктов, с высокой добавленной стоимостью за последние 5 лет	% выручки	Больше-лучше

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5
С. Цифровизация и автоматизация	X _{9,t}	Доля объема производства, выполненного под интегрированным цифровым контролем (MES/APS или эквивалент)	% выпуска	Больше-лучше
	X _{10,t}	Доля основного технологического оборудования с онлайн-мониторингом и сбором данных	% мощности	Больше-лучше
	X _{11,t}	Доля внутренних логистических операций, управляемых с помощью цифровых систем WMS/TMS	% операций	Больше-лучше
D. Человеческий капитал и организационный потенциал	X _{12,t}	Доля сотрудников с высшим техническим/инженерным образованием	% численности	Больше-лучше
	X _{13,t}	Доля сотрудников, прошедших повышение квалификации/переподготовку по технологическим/цифровым/инновационным темам за последние 3 года	% численности	Больше-лучше
	X _{14,t}	Организационная зрелость структур управления технологиями (центр НИОКР, цифровой офис, стратегические процессы)	Экспертная оценка от 0 до 1	Больше-лучше
E. Технологическая независимость и устойчивость цепочки поставок	X _{15,t}	Доля критически важного технологического оборудования, поставляемого отечественными производителями	% стоимости основных фондов	Больше-лучше
	X _{16,t}	Доля критически важных расходных материалов, поставляемых отечественными поставщиками	% стоимости затрат на расходные материалы	Больше-лучше
	X _{17,t}	Количество импортируемых зависимостей из одного источника в критически важном оборудовании и материалах	единиц	Меньше-лучше
	X _{18,t}	Доля продукции, произведенной на интегрированных внутренних цепочках (не менее двух этапов производства в пределах одной группы и юрисдикции)	% выпуска	Больше-лучше

Источник: составлено автором

Индикаторы, приведенные в таблице, предлагается нормализовывать для получения сопоставимых уровней для дальнейшей оценки и анализа.

Пусть $X_{k,t}$ – значение k -го показателя технологического потенциала в году t , измеренное в соответствующих единицах измерения. Для каждого показателя устанавливаются две контрольные точки: базовая $X_{k,base}$ (начальный уровень в начале периода) и целевая $X_{k,target}$ (цель, согласующаяся с программами развития

предприятия и отраслевыми или национальными стратегиями). В соответствии с подходом «база-цель» каждый показатель преобразуется в безразмерный балл, который показывает долю расстояния, пройденного от базового уровня до целевого [35].

Формула нормализации для k -го показателя в период t :

$$S_{k,t} = \frac{X_{k,t} - X_{k,base}}{X_{k,target} - X_{k,base}} \quad 0 \leq S_{k,t} \leq 1, \quad (4)$$

где $X_{k,t}$ – фактическое значение индикатора k в год t ;

$X_{k,base}$ – базовое значение индикатора k в базовом году;

$X_{k,target}$ – целевое (планируемое) значение индикатора k ;

$S_{k,t}$ – нормализованная оценка индикатора k в период t .

Для агрегирования разнородных показателей в показатель технологического потенциала используется аддитивное агрегирование с фиксированными весами. Пусть w_k – вес показателя k . Веса принимаются равными ($w_k=1/k$), могут быть введены альтернативные схемы взвешивания, но они должны быть зафиксированы до расчета и обоснованы отдельно. Интегральный индекс технологического потенциала TP_t в году t определяется как:

$$TP_t = \sum_{k=1}^K w_k S_{k,t}, \quad (5)$$

где TP_t – интегральный индекс технологического потенциала предприятия в период t ;

K – количество индикаторов в расчете индекса;

w_k – веса соответствующего индикатора;

$s_{k,t}$ – нормализованное значение индикатора в соответствии с формулой (1)

Значение TR_t лежит в интервале $[0;1]$ и может быть интерпретировано как относительная близость предприятия к его целям технологического развития. Значения, близкие к 0, характеризуют низкий технологический потенциал и высокую зависимость от внешних технологий, более высокие значения указывают на высокую степень технологической зрелости.

Второй модуль алгоритма оценивает как портфель технологических проектов влияет на траекторию технологического потенциала. Он основан на ранее разработанной системе критериев оценки технологических проектов, которая выделяет четыре группы критериев: экономические, ESG, технологический потенциал и импортозамещение [36]. Итогом оценки является калькуляция интегрального показателя оценки OIS. Дополнительно к OIS предлагается также использовать оценку вероятности реализации проектов. Тогда для каждого проекта оценка выглядит следующим образом

$$OIS_{m,weighted} = \pi_m * OIS_m, \quad (6)$$

где π_m – оценка вероятности реализации проекта (определяемая экспертно до начала алгоритма оценки);

OIS_m – оценка OIS для проекта m ;

$OIS_{m,weighted}$ – оценка OIS взвешенная на вероятность проекта m .

Например, проекты с $\pi_m = 0,8$ оцениваются с 80 % вероятностью полной реализации их эффектов. Следующим шагом является перевод оценок проектов в ожидаемые изменения индикаторов $X_{k,t}$ на уровне предприятия. Для каждого проекта m и каждого показателя предприятия k определяется параметр $\beta_{k,m}$ как ожидаемое относительное изменение показателя $X_{k,t}$ в случае полной реализации проекта m . Например, проект, направленный на модернизацию прокатного стана, может иметь влияние на показатели производственной базы, в то время как его влияние на научно-исследовательский потенциал может быть установлено на нулевом уровне. Параметры $\beta_{k,m}$ получают экспертно до начала оценки по

алгоритму. В таком случае можно определить полный эффект проекта m на индикатор k .

$$\Delta X_{k,m}^{max} = \beta_{k,m} X_{k,base}, \quad (7)$$

где $\Delta X_{k,m}^{max}$ – максимальное изменение индикатора k , вызванное полной имплементацией проекта m .

Чтобы учесть вероятность реализации проектов, ожидаемый эффект проекта m на индикатор k корректируется умножением максимального эффекта $\Delta X_{k,m}^{max}$ на вероятность π_m , получая ожидаемое изменение индикатора k в связи с реализацией проекта m в виде $\Delta X_{k,m}^{expect}$.

Третий модуль прогнозирует траектории технологического развития при сценариях макроэкономической среды и различных портфелях проектов.

Для каждого показателя k и каждого макроэкономического сценария s (например, «базовый», «стрессовый», «инновационный») задается динамика, которая описывает, как показатель будет развиваться в отсутствие новых проектов. Базовые траектории выводятся из отраслевых прогнозов, национальных сценариев технологического развития и внутренних планов предприятия. В простейшем случае базовая динамика может быть аппроксимирована постоянным годовым темпом прироста (или снижения).

$$X_{k,t}^{(s,0)} = X_{k,t_0} \left(1 + g_k^{(s)}\right)^{t-t_0}, \quad (8)$$

где $X_{k,t}^{(s,0)}$ – базовое значение индикатора k в год t в сценарии s , без учета новых проектов;

X_{k,t_0} – значение индикатора k в базовом году t_0 ;

$g_k^{(s)}$ – годовой рост (или снижение) индикатора k в сценарии s

Влияние проектов также можно оценить во времени и наложить на базовую динамику. Для каждого проекта m определяются два временных момента: старт влияния проекта τ_m^{start} (например, год запуска) и год выхода на полную мощность/полного эффекта τ_m^{full} . Доля эффекта проекта, реализованная в течение года, t описывается линейной функцией нарастания $f_m(t)$:

$$f_m(t) = \begin{cases} 0, & t < \tau_m^{start} \\ \frac{t - \tau_m^{start}}{\tau_m^{full} - \tau_m^{start}}, & \tau_m^{start} \leq t \leq \tau_m^{full} \\ 1, & t \geq \tau_m^{full} \end{cases} \quad (9)$$

Тогда ожидаемое влияние проекта m на индикатор k в год t :

$$\Delta X_{k,m,t} = \Delta X_{k,m}^{expect} f_m(t), \quad (10)$$

Предполагая, что эффекты проектов аддитивны, общее влияние всех проектов на индикатор k в год t в сценарии s является суммой влияний.

$$X_{k,t}^{(s)} = X_{k,t}^{(s,0)} + \sum_{m=1}^m \Delta X_{k,m,t}, \quad (11)$$

где $X_{k,t}^{(s)}$ – значение индикатора k в год t в сценарии s , учитывая все эффекты проектов.

Тогда для каждого года t и сценария s , обновленные значения индикаторов $X_{k,t}^{(s)}$ могут быть нормализованы исходя из той же методики «база-цель» из формулы 1, заменив $X_{k,t}$ на $X_{k,t}^{(s)}$ и интегральный индекс технологического потенциала $TP_t^{(s)}$ может быть рассчитан.

$$TP_t^{(s)} = \sum_{k=1}^k w_k s_{k,t}^{(s)}, \quad (12)$$

где $TP_t^{(s)}$ - интегральный индекс технологического потенциала в год t в сценарии s ;

w_k – вес индикатора k (сумма весов = 1);

$s_{k,t}^{(s)}$ – нормализованное значение индикатора k в год t в сценарии s , полученное путем применения формулы 4 к $X_{k,t}^{(s)}$.

Таким образом, для каждого сценария и каждого года в выбранном прогнозном горизонте, алгоритм позволяет рассчитать скалярный индекс $TP_t^{(s)}$, а также получить набор нормализованных индикаторов $s_{k,t}^{(s)}$. Интегральный индекс технологического потенциала отражает совокупные эффекты внешних макроэкономических и технологических условий, а также эффекты выбранного портфеля технологических проектов на траекторию технологического развития предприятия.

Выходом из алгоритма являются три набора данных:

1) Временной ряд $TP_t^{(s)}$ для каждого сценария s , который характеризует динамику технологического потенциала предприятия и может быть сопоставлен с целевыми траекториями, определенными корпоративной стратегией и промышленной политикой.

2) Траектории $X_{k,t}^{(s)}$ и $s_{k,t}^{(s)}$, которые позволяют определить конкретные параметры (современность оборудования, интенсивность НИОКР, уровень цифровизации, технологическая независимость ключевых ресурсов и т. д.), которые влияют на рост или стагнацию интегрального индекса.

3) Показатель влияния индивидуальных проектов $\Delta X_{k,m,t}$ позволяет соотнести изменения в технологическом потенциале с отдельными проектами или

группами проектов, а также сравнить альтернативные портфели с точки зрения их ожидаемого влияния на технологическое развитие.

Для практической интерпретации уровень $TR_t^{(s)}$ можно разделить на диапазоны, соответствующие состояниям технологического развития (например, «низкий технологический потенциал» соответствует уровням менее 0,4 «средний» для $0,4 \leq TR_t^{(s)} < 0,70$, «высокий» для $0,7 \leq TR_t^{(s)} < 0,90$, «передовой» для $TR_t^{(s)} \geq 0,90$).

Выводы по 2 главе

1) В результате анализа существующих подходов к измерению технологического суверенитета обоснована необходимость перехода от единичных показателей технологической зависимости и чрезмерно агрегированных индексов к многокомпонентной системе оценки. Показано, что для целей управления технологическим развитием металлургических предприятий оценка должна одновременно отражать общий уровень достижения технологического суверенитета и вклад отдельных направлений, поскольку такая структура позволяет выявлять проблемные зоны и связывать результаты диагностики с последующими управленческими решениями.

2) Сформирована система показателей оценки эффективности политики промышленного развития и предложен интегральный индекс технологического суверенитета. В состав системы включены показатели, характеризующие патентную автономность, интенсивность НИОКР, производственно-структурную основу технологического развития, импортнезависимую и экспортно-технологическую составляющие, а также кадровый потенциал. Разработанный порядок нормирования показателей по принципу «база-цель» и их последующего агрегирования в единый индекс позволяет оценивать не только достигнутый уровень технологического суверенитета, но и степень продвижения к целевым ориентирам промышленной политики.

3) Разработана система оценки импортонезависимости технологических проектов металлургического предприятия и предложена организационно-экономическая модель управления портфелем проектов технологического развития. Система оценки позволяет сопоставлять проекты по экономическим, эколого-социальным, технологическим и импортозамещающим параметрам, а портфельная модель учитывает стратегическую значимость проектов, сценарность результатов, риски, бюджетные ограничения, ресурсную реализуемость и «окна возможностей» в условиях непрерывного производства.

4) Предложен подход к реализации политики технологического суверенитета металлургических предприятий через формирование промышленных экосистем. В рамках данного подхода интеграционное взаимодействие рассматривается как способ объединения ресурсов, компетенций и проектных возможностей участников для достижения целей технологического суверенитета и снижения технологической зависимости в выбранном сегменте металлургической отрасли. Предложенная последовательность включает скрининг участников, оценку влияния интеграции на целевые показатели, определение ролей акторов, экспертную валидацию, оценку рисков, принятие решения, реализацию и мониторинг, что позволяет обосновывать состав участников промышленной экосистемы, распределение их ролей и конфигурацию интеграционного взаимодействия с учетом ожидаемого эффекта и рисков реализации.

5) Сформирован алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования технологического развития предприятия, объединяющий диагностику текущего состояния, оценку влияния портфеля технологических проектов и сценарное прогнозирование траекторий развития. В алгоритме технологический потенциал рассматривается как интегральная характеристика, отражающая производственные возможности, инновационную активность, цифровизацию, кадровую составляющую и технологическую независимость ключевых ресурсов. Использование данного алгоритма позволяет соотносить ожидаемые эффекты отдельных проектов и их портфелей с изменением интегрального индекса

технологического потенциала во времени. В совокупности все вышесказанное формирует методическую и расчетную основу для практического применения разработанного инструментария в главе 3 и формирования организационно-экономического механизма технологического развития металлургических предприятий.

3 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

3.1 Оценка эффективности промышленной политики технологического суверенитета

Для оценки эффективности промышленной политики технологического суверенитета была проведена оценка по предложенной методике. В качестве периода оценки выбран диапазон с 2017 по 2023 гг. В таблице 20 представлены результаты оценки по каждому из показателей.

Таблица 20 – Результаты оценки показателей в РФ по предложенной методике
проценты

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Патентная автономность	62%	66%	66%	68%	63%	70%	77%
Расходы на НИОКР в ВВП	1,1%	1,0%	1,0%	1,1%	1,0%	0,9%	0,9%
Доля высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП	22%	21%	22%	25%	23%	22%	24%
Доля импорта приоритетных товаров в общем объеме импорта	64%	60%	60%	57%	58%	65%	67%
Доля высокотехнологичных и наукоемких товаров в общем экспорте	12%	10%	11%	11%	11%	8%	8%
Кадровый потенциал в STEM	30%	30%	31%	33%	33%	33%	33%

Источник: составлено автором

Для анализа общего уровня технологического суверенитета и прогресса отдельных индикаторов экспертно оценены следующие цели к 2030 г.:

- Патентная автономность–90%.
- Расходы на НИОКР в ВВП–2,5%.
- Доля высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП–30%.
- Доля импорта приоритетных товаров в общем объеме импорта–30%.
- Доля высокотехнологичных и наукоемких товаров в общем экспорте–25%.
- Кадровый потенциал в STEM–40%.

Исходя из данных целей оценен прогресс и общий уровень КИТС. Для каждого показателя принят одинаковый вес в оценке. В таблице 21 представлен результат расчета КИТС и прогресса база-цель по каждому из показателей.

Таблица 21 – Результаты расчета КИТС и прогресса по показателям

Проценты

S (прогресс «база-цель»)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Патентная автономность	0,0%	13,9%	14,0%	21,8%	5,0%	30,8%	54,9%
Расходы на НИОКР в ВВП	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Доля высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП	0,0%	0,0%	5,4%	39,2%	13,3%	1,9%	21,5%
Доля импорта приоритетных товаров в общем объеме импорта	0,0%	12,0%	12,5%	20,9%	18,5%	0,0%	0,0%
Доля высокотехнологичных и наукоемких товаров в общем экспорте	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Кадровый потенциал в STEM	0,0%	4,3%	16,7%	27,7%	32,1%	31,4%	30,6%
КИТС	0,0%	5,0%	8,1%	18,3%	11,5%	10,7%	17,8%

Источник: составлено автором

Таким образом, из таблицы видно, что наибольшая динамика присутствовала у показателя патентной автономности, при этом показатели доли импорта приоритетных товаров в общем объеме импорта и показатель доли высокотехнологичной продукции (ВТП) в экспорте не демонстрируют рост к 2017 г. В то же время показатель доли высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП

приблизился к цели на 21,5%, а кадровый потенциал STEM стагнировал и к моменту 2023 г. составляет 30,6%.

Показатель патентной автономности с 2017 г. по 2023 г. вырос с 62 % до 77 % (максимум в рассматриваемом периоде), несмотря на кратковременное снижение до 63 % в 2021 г. Это свидетельствует о заметном усилении доли отечественных заявителей в общем числе патентных заявок и говорит об эффективности мер по поддержке национальной изобретательской активности.

При этом расходы на НИОКР в ВВП оставались относительно стабильными на уровне около 1 %, но заметно отстали от целевого значения. После пика в 2020 г. (1,1 %) наблюдается снижение до 0,9 % в 2022-2023 гг., что может указывать на недостаточный рост финансирования исследований и разработок.

Доля высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП колебалась в районе 21-25 %, достигнув максимума в 2020 г. (25 %), а к 2023 г. снизилась до 24 %. Эти колебания отражают влияние как внутренней динамики производства, так и циклических факторов (например, пандемия COVID-19), однако общий тренд-умеренный рост вклада инновационных секторов в экономику.

В 2017-2020 гг. наблюдалось снижение доли приоритетного импорта в общем объеме ввоза (с 64 % до 57 %), что говорит о первых успехах политики по снижению технологической зависимости. Однако в 2021-2023 гг. показатель вновь вырос до 67 %, что свидетельствует об обострении импортозависимости, вероятно, в ответ на усиление санкционного давления и затруднения с локализацией производства.

Доля экспорта высокотехнологичной продукции в общем экспорте колеблется на уровне 8-12 %, и с 2021 г. стабильно удерживается внизу диапазона (8 %). Это указывает на сохраняющиеся барьеры для вывода отечественных инновационных товаров на внешние рынки и ограниченную конкурентоспособность в международной торговле технологически насыщенными продуктами.

Доля выпускников STEM-направлений выросла с 30 % в 2017 г. до 33 % в 2020 г. и затем стабилизировалась на этом уровне. Отсутствие дальнейшего роста

может свидетельствовать о насыщении образовательной системы и необходимости дополнительных мер по повышению интереса к инженерным и техническим специальностям.

В целом, сильная динамика патентной автономности вместе со стабильным, но низким уровнем трат на НИОКР в ВВП указывает на то, что рост патентной активности опережает динамику финансирования исследований. Колебания доли высокотехнологичных отраслей в ВВП демонстрируют чувствительность инновационного сектора к внешним и внутренним шокам. Наблюдаемое возвращение к росту импортозависимости в 2021-2023 гг. подчеркивает уязвимость индустрии к внешним ограничениям и необходимость ускорения локализации критических технологий. Стагнация экспорта и кадрового потенциала сигнализирует о проблемах с коммерциализацией инноваций и долгосрочным кадровым обеспечением технологического сектора.

Можно выделить несколько фаз развития индекса-первая фаза (2018-2020) характеризовалась общим приростом, вторая (2021-2022) – стагнацией и даже регрессом по некоторым индикаторам, финальная (2023) – частичным восстановлением прогресса под влиянием активизации промышленной политики по технологическому суверенитету.

С точки зрения достижения целевых ориентиров КИТС можно отметить, что был пик в 18,3 % в 2020 г., затем снизился до ~10-11 % в 2021-2022 гг. и восстановился до 17,8 % в 2023 г. Это отражает неоднородный прогресс по компонентам: значительный вклад патентной автономности и STEM-потенциала в 2022-2023 гг. компенсировал стагнацию по НИОКР и экспорту, откат по уровню импорта приоритетных товаров.

На основании проведенного анализа динамики ключевых метрик и комплексного индекса КИТС выделяются следующие направления совершенствования государственной промышленной политики в сфере технологического суверенитета:

- Показатель интенсивности расходов НИОКР сохраняет низкий прогресс на протяжении всего исследуемого периода, что свидетельствует об отставании финансирования научно-технической сферы от стратегических ориентиров. Рекомендуется увеличить долю бюджетных ассигнований на НИОКР, а также расширить налоговые инструменты поддержки частных инвестиций: повышение коэффициента ускоренной амортизации по капитальным затратам на НИОКР, дополнительные вычеты по налогу на прибыль компаний, реализующих собственные исследовательские проекты. Параллельно следует формировать государственно-частные технологические кластеры, где значительная часть затрат на НИОКР будет покрываться через механизм софинансирования.

- После первоначального сокращения в 2018-2020 гг. степень импортозависимости по приоритетным товарам вернулась к исходному уровню, что указывает на низкую устойчивость мер локализации. Для стимулирования отечественного производства приоритетных компонент необходимо усилить целевое субсидирование локальных производителей. Дополнительно целесообразно развивать систему «якорных» заказов, когда крупные промышленные предприятия выступают основными закупщиками продукции локальных поставщиков.

- Отсутствие прогресса в развитии экспортного потенциала ВТП свидетельствует о системных барьерах при выходе на внешние рынки. Для их преодоления следует создать или расширять специализированные экспортные платформы и технопарки, обеспечивающие комплекс услуг: маркетинговое сопровождение, помощь в сертификации и стандартизации, а также организацию целевых выставочных мероприятий за рубежом. Необходимо расширить механизмы поддержки экспорта (госгарантии, экспортные кредиты), а также стимулировать реализацию совместных наукоемких и высокотехнологичных проектов с международными партнерами для укрепления конкурентоспособности российских технологий.

- Рост числа выпускников STEM-направлений в 2017-2021 гг. не сумел закрепиться на периоде 2022-2023 гг. В дальнейшем требуется увеличение числа

целевых бюджетных мест в профильных вузах, развитие программ дуального образования и стажировок на ведущих предприятиях. Параллельно целесообразно расширить программы повышения квалификации и переподготовки, а также внедрить систему грантового софинансирования научных стажировок в индустриальных лабораториях.

- Прогресс по патентной автономности демонстрирует эффективность существующих мер поддержки изобретательской деятельности. Во избежание замедления этого тренда требуется усиление механизмов технологического трансфера и коммерциализации патентов через создание индустриальных технопарков и бизнес-инкубаторов.

Таким образом, была предложена и апробирована методика комплексной оценки технологического суверенитета на основе шести ключевых количественных индикаторов, нормируемых по принципу «база-цель», и их агрегирования в единый индекс (КИТС). Результаты расчетов за период 2017-2023 гг. продемонстрировали неоднородность прогресса: значительный рывок в патентной автономности и развитии кадрового потенциала в STEM соседствовал со стагнацией НИОКР-интенсивности и практически отсутствующим прогрессом в экспорте высокотехнологичной продукции.

Выявленные три фазы динамики (рост в 2018-2020 гг., регресс и стагнация в 2021-2022 гг., восстановление в 2023 г.) наглядно иллюстрируют, что динамика рассчитанного индекса технологического суверенитета немонотонна, а результат скоординированных усилий по всем направлениям промышленной политики. Акцент на отдельных компонентах, без синергии между финансированием НИОКР, локализацией критичных товаров и стимулированием экспорта ВТП, приводит к «узким местам», тормозящим общий прогресс.

Практическая значимость заключается в том, что предлагаемая система показателей легко воспроизводима и прозрачна для государственных органов и исследовательского сообщества. Нормировка «база-цель» обеспечивает прямую связь между фактическими результатами и стратегически установленными

ориентирующими уровнями, а агрегированный КИТС позволяет наглядно оценить общий вектор развития.

Выявленные ограничения технологического суверенитета требуют апробации и разработанного экосистемного инструмента. Для ее проведения автором был выбран сегмент нержавеющей проката. В стратегии развития черной металлургии РФ до 2030 г. снижение импортозависимости по этому сегменту является одной из ключевых задач [9].

Исторически сложилось так, что Россия в значительной степени зависела от импорта нержавеющей стали, но нынешний экономический и геополитический климат сделал необходимым производство этого материала внутри страны. В таблице 22 приведена балансовая ретроспективная статистика рынка нержавеющей стали (с учетом труб) в России за период с 2017 г. по 2022 гг. и цель из стратегии на 2030 г.

Таблица 22 – Баланс рынка нержавеющей стали

Тыс. т

Показатель	2019	2020	2021	2022	2030 (цель)
Производство (РФ), тыс. т	183	196	212	219	660
Экспорт, тыс. т	10	16	17	10	124
Импорт, тыс. т	417	429	502	409	206
Потребление, тыс. т	590	608	697	618	742
Доля импорта в потреблении, %	71%	71%	72%	66%	28%

Источник: составлено автором на основе [9; 100; 124]

Как видно из приведенной статистики, объем импорта нержавеющей стали в Россию превосходит объемы внутреннего производства примерно в два раза. Средняя доля импорта в потреблении за наблюдаемый период составляла около 70%. При этом виден тренд на увеличение видимого потребления – рекордный показатель составил 697 тыс. т в 2021 г. Целью в базовом сценарии стратегии

задано снижение доли импорта к 2030 г. до 28% за счет наращивания объемов производства внутри РФ, а доля российских компаний, соответственно, 72%.

Автором предлагается оценить эффективность интеграции производителей как готового проката, так и поставщиков сырья в промышленную экосистему, направленную на импортозамещение нержавеющей стали. В качестве компаний для первого этапа скрининга решено выбрать несколько компаний, как уже функционирующих, так и находящихся в процессе запуска, работающих в металлургической сфере, но в разных позициях цепочки создания стоимости. Для скрининга выбраны основные компании, которые производят необходимое сырье для производства нержавеющей проката, производители нержавеющей проката, отраслевые научные институты, финансовые институты, осуществляющие кредитование и органы власти. Данные компании и оценки баллов OIS по ним приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Оценка предприятий для интеграции в промышленную экосистему

Компания	Место в цепочке создания стоимости	OIS	Экспертная оценка включения в экосистему (да/нет)
1	2	3	4
Норникель	Сырье	7	Да
Челябинский электрометаллургический комбинат (ЧЭМК)	Сырье	4,7	Да
Транслон	Сырье	5	Да
Русская Нержавеющая Компания (РНК)	Производство	7	Да
Киберсталь	Производство	6,4	Да
Трубная металлургическая компания (ТМК)	Производство	5,6	Нет
Мечел	Производство	4,2	Нет
Красный Октябрь	Производство	4,3	Нет
ЦНИИ Чермет	НИОКР	Не оценивалось	Да
НИТУ МИСИС	НИОКР	Не оценивалось	Да

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4
Финансовые институты (ВТБ, Газпромбанк, Сбер и пр.)	Финансирование	Не оценивалось	Да
Органы власти	Управление	Не оценивалось	Да

Источник: составлено автором

Как видно из таблицы, наибольшими баллами обладают Норникель, ЧЭМК, Транслон, РНК, ТМК и Киберсталь. Экспертная оценка необходимости включения в экосистему дала положительное заключение по ним, кроме ТМК, по причине высокой загрузки производственной мощности и отсутствия фокусировки бизнеса на производстве нержавеющей труб. Мечел и Красный Октябрь также исключены из выборки по причине нестабильного финансового положения [114; 118].

На рисунке 3 приведена схема работы промышленной интеграции с обозначением ролей акторов.



Рисунок 3 – Формирование промышленной интеграции.

Источник: составлено автором

Стоит отметить, что такая конфигурация промышленной экосистемы также удовлетворяет принципу циркулярности – компания Транслон является поставщиком лома, который собирается из ломофонда, формируемого в процессе потребления и выбытия металлопродукции.

Для оценки величины влияния на этапе 2 в формуле 13 приведена оценка достижения показателей по импортозамещению к 2030 г. с учетом показателей проектов производственных компаний

$$\frac{(500 \text{ тыс. т} + 20 \text{ тыс. т})}{742 \text{ тыс. т}} - 34\% = 36\% \quad (13)$$

где 500 тыс. т – производственный план РНК;

20 тыс. т – производственный план Киберстали;

742 тыс. т – потребление нержавеющей проката в 2030 г.;

34%—доля российских компаний в потреблении в 2022 г.

Таким образом, объединение компаний в производственную экосистему окажет положительное влияние на достижение целей, поставленных в стратегии развития отрасли, вплотную приближаясь к целевому значению доли российских компаний в потреблении в 72%. Незакрытый пробел может быть заполнен прочими производителями, не включенными в экосистему, такими как ТМК, Мечел и Красный Октябрь. Результаты экспертной оценки подтверждают целесообразность рассматриваемой конфигурации интеграции.

В таблице 24 приведена оценка рисков и обозначены планы по их митигации.

Таблица 24 – Оценка рисков и планов по их митигации

Риск	Вероятность	Влияние	Уровень риска	План митигации
Недостаточное финансирование	Вероятно (3)	Высокий (3)	Высокий риск	Диверсификация финансирования. Выделение резервного фонда. Регулярная финансовая аналитика. Установка контрольных точек финансирования
Низкая готовность к сотрудничеству	Маловероятно (2)	Высокий (3)	Средний риск	Разработка программ взаимодействия. Создание стимулов для сотрудничества. Развитие каналов связи. Заключение официальных соглашений и партнерств
Изменения в законодательстве	Маловероятно (2)	Очень высокий (4)	Высокий риск	Мониторинг изменений в НПА. Сотрудничество с институтами для разработки НТД
Сбои в операционной работе	Вероятно (3)	Средний (2)	Средний риск	Создание резервов в процессах. Разработка аварийного плана. Регулярное обучение персонала. Диверсификация поставщиков. Заключение долгосрочных контрактов
Технологические сбои	Вероятно (3)	Очень высокий (4)	Очень высокий риск	Внедрение предиктивного обслуживания. Создание резервов. Поиск альтернативных поставщиков. Обучение специалистов.
Колебания рынка	Очень вероятно (4)	Средний (2)	Высокий риск	Регулярный мониторинг рынка. Разработка гибкой бизнес-модели. Диверсификация продуктов и услуг. Хеджирование финансовыми инструментами. Заключение долгосрочных контрактов.

Источник: составлено автором

Высокими являются риски недостаточного финансирования, регуляторных изменений (требуется согласование новой нормативно-технической документации), рыночные шоки и технологический риск. Остальные риски относятся к среднему уровню рисков, однако в целом для всех рисков можно снизить вероятность, либо же влияние за счет мер по их предотвращению.

В целом можно рекомендовать интеграцию данных предприятий в промышленную экосистему для достижения целей, обозначенных в стратегии развития отрасли черной металлургии по импортозамещению и достижению технологического суверенитета в рыночном сегменте нержавеющей проката.

Результаты экосистемного кейса показывают, что снижение импортозависимости требует не только выбора участников, но и оценки конкретных

технологических проектов; этому посвящен следующий раздел. Разработанный подход позволяет систематически оценивать эффективность этих процессов и формировать рекомендации для улучшения стратегической интеграции предприятий.

Для развития промышленных экосистем необходимо внедрить подходы к оценке и оптимизации интеграционных процессов, что позволит более точно выявлять сильные и слабые стороны интеграционных процессов. Важно создавать и поддерживать синергию между предприятиями, научно-исследовательскими институтами и государственными органами для ускорения технологического прогресса и повышения производительности.

Для снижения импортозависимости следует принять меры по увеличению доли отечественного производства в стратегически важных отраслях, таких как производство нержавеющей проката, что будет способствовать повышению экономической устойчивости и технологического суверенитета. Важно обеспечить доступность финансовых ресурсов для предприятий, интегрированных в промышленные экосистемы, через гранты, льготные кредиты и другие формы поддержки, что поможет снизить риски недостаточного финансирования. Внедрение систем мониторинга и управления рисками, связанными с интеграцией в промышленные экосистемы, включая технологические сбои, рыночные колебания и законодательные изменения, является критически важным.

При этом есть несколько ограничений, которые следует учитывать при интерпретации результатов. Во-первых, подход был апробирован только на сегменте нержавеющей проката, что может ограничивать его применение в других промышленных секторах без дополнительных адаптаций. Во-вторых, данные основаны на доступной статистике и экспертных оценках, что может влиять на точность результатов. В-третьих, исследование сосредоточено на российском контексте, поэтому результаты не могут быть полностью применимыми в других странах и регионах.

Кроме того, предложенный подход оценивает экономическую эффективность и технологический суверенитет, оставляя вне рассмотрения такие аспекты, как социальное воздействие и экологическая устойчивость. При интерпретации результатов необходимо учитывать влияние санкций и торговых ограничений на интеграционные процессы.

3.2 Критериальная оценка технологических проектов развития металлургических предприятий

В качестве примера проекта для апробации предложенной системы критериев выбран один из проектов по импортозамещению поставок холоднодеформированных нержавеющей труб (ХД НЖ труб). Важность проекта вызвана тем, что около 60% рынка ХД НЖ труб было занято иностранными производителями по статусу на 2022-2023 гг. При этом практически 70% данных импортных поставок приходились на такие важнейшие для российской экономики и обеспечения технологического суверенитета отрасли, как ТЭК, нефтехимия, энергетика, машиностроение, автопром, судостроение, авиационно-космическая и атомная промышленность. Также в утвержденной стратегии черной металлургии заложено снижение импорта по трубам из нержавеющей сталей до 4% в базовом сценарии и 10% в консервативном сценарии к 2030 г., что коррелируется с целями проекта [9].

Проект реализуется одной из крупных российских металлургических компаний, из-за параметров конфиденциальности некоторые характеристики проекта изменены, однако для целей апробации методики автор считает это несущественным.

Качественные параметры, не раскрываемые в открытой статистике и требующие профессионального суждения, оценивались на основе материалов предприятия и последующей экспертной валидации профильными специалистами производственного, технологического, финансово-экономического, закупочного,

цифрового, ESG-, HR- и риск-блоков. Характеристики экспертов приведены в приложении А.

В таблице 25 приведены показатели проекта, нормализованные баллы в сравнении с аналогичными проектами, а также итоговые баллы (среднее).

Таблица 25 – Показатели проекта и оценка баллов

Критерий	Индикатор	Показатели проекта ХД НЖ	Нормализованный балл проекта ХД НЖ
1	2	3	4
Экономика	Чистый приведенный доход (Net Present Value, NPV)	12 300 млн руб.	0,0
	Внутренняя норма рентабельности (Internal rate of return, IRR)	30 %	10,0
	Срок окупаемости (Payback period, PP)	9 лет	5,0
	Возврат на инвестиции (Return on Investment, ROI)	14 %	10,0
	Экономическая добавленная стоимость (Economic value added, EVA)	16 500 млн руб.	10,0
IES			7,0
ESG	Воздействие на окружающую среду (Environmental Impact, EI)	8 баллов	5,0
	Воздействие на социальную среду (Social Impact, SI)	9 баллов	10,0
	Качество управления (Governance Quality, GQ)	6 баллов	2,6
	План регуляторного комплаенса (Regulatory Compliance Plan, RCP)	10 баллов	10,0
IESG			6,9
Технологический потенциал	Уровень готовности технологий (Technology Readiness Level, TRL)	7 баллов	8,7
	Индекс инноваций (Innovation Index, II)	0 баллов	0,0
	Интенсивность НИОКР (НИОКР Intensity, RDI)	1%	0,0
	Маркетинговый потенциал (Market potential, MP)	7 баллов	10,0
	Масштабируемость (Scalability, S)	10 баллов	8,3

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4
ITS			5,4
Импортоза- мещение	Снижение импортозависимости (Reduction in import dependency, RID)	83%	10,0
	Локализация (Local Content Usage, LCU)	20%	10,0
	Создание рабочих мест (Job Creation, JC)	50 шт. ед.	0,0
	Стратегическая важность (Strategic Importance, SI)	10 баллов	5,0
IIS			6,3
OIS			6,4

Источник: составлено автором

Таким образом, из таблицы видно, что проект имеет итоговый интегральный балл равный 6,4. При этом наибольший вклад вносит экономический интегральный показатель, равный 7,0. Наименьший балл, в свою очередь, привносит интегральный показатель технологического потенциала.

Представленные результаты апробации показывают, что данную методику можно использовать при оценке технологических проектов. В приведенном примере с проектом по созданию производства ХД НЖ труб видно, что наибольшая эффективность достигается благодаря экономическому эффекту, при этом технологический потенциал и потенциал импортозамещения демонстрируют более низкие интегральные баллы. Это может быть связано с тем, что проект связан, в первую очередь, с созданием производства по уже относительно готовой и испытанной технологии. При оценке проекта, который имеет большую наукоемкость (к примеру, разработка программного обеспечения (ПО) или разработка импортозамещающих машиностроительных технологий) эти факторы могут принимать лидерство, а другие показатели наоборот – снижаться.

В целом, критерии оценки, разработанные автором, предлагают систему мониторинга проектов, охватывающую различные аспекты, такие как экономика,

ESG, технологический потенциал и аспекты импортозамещения. Такая комплексная оценка позволяет руководителям проектов и заинтересованным сторонам выявлять потенциальные риски и проблемы на ранней стадии, что способствует принятию упреждающих мер по их снижению и исправлению.

Полученный результат показывает, что система критериев позволяет сопоставить проект не только по финансовой эффективности, но и по вкладу в технологический потенциал и импортонезависимость. Такая стандартизация позволяет руководителям проектов и заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения об инвестициях в проекты, распределении ресурсов и определении приоритетов. Критерии способствуют прозрачности и подотчетности, предоставляя четкую и объективную основу для оценки эффективности и прогресса проекта.

Используя эти критерии, владельцы портфелей проектов могут их оптимизировать, выявляя наиболее перспективные проекты, эффективно распределяя ресурсы и прекращая или реструктуризируя проекты с низкими показателями. Критерии облегчают взаимодействие с заинтересованными сторонами, предоставляя общий язык и рамки для обсуждения целей, задач и эффективности проектов. Кроме того, они способствуют непрерывному совершенствованию, выявляя области, требующие улучшения, и создавая основу для внедрения изменений и оценки их эффективности.

Кроме того, критерии помогают выявлять и снижать риски, связанные с проектами и портфелями, уменьшая вероятность неудач проекта и минимизируя их последствия. Они позволяют руководителям проектов и заинтересованным сторонам эффективно распределять ресурсы, гарантируя, что проекты с наибольшим потенциалом успеха получают необходимое финансирование и поддержку.

Критерии оценки имеют широкое применение для круга заинтересованных сторон, участвующих в управлении проектами. Например, руководители проектов могут использовать эти критерии для оценки осуществимости проекта, выявления потенциальных рисков и проблем, а также разработки стратегий по их

снижению. Это позволяет им принимать обоснованные решения об инвестициях в проект, распределении ресурсов и расстановке приоритетов.

Спонсоры проектов могут использовать эти критерии для оценки проектных предложений, определения приоритетности проектов и эффективного распределения ресурсов, что позволяет оптимизировать портфель проектов и максимизировать прибыль. Руководители компаний могут использовать эти критерии для оценки стратегического соответствия проектов бизнес-целям, выявления возможностей для роста и инноваций, а также для принятия обоснованных инвестиционных решений, что в итоге позволит привести инвестиции в проекты в соответствие с целями организации и будет способствовать успеху бизнеса.

Инвесторам также может быть полезно использовать эти критерии для оценки жизнеспособности проектов, определения потенциального возврата инвестиций и принятия обоснованных инвестиционных решений, что позволяет минимизировать риски и максимизировать прибыль. Государственные учреждения могут использовать эти критерии для оценки проектных предложений, выделения финансирования и мониторинга эффективности проектов, способствуя эффективному распределению государственных ресурсов и оптимизации результатов проектов.

Наконец, консультанты, исследователи и ученые могут получить пользу от использования этих критериев для оценки осуществимости проектов, разработки проектных предложений и предоставления рекомендаций клиентам, что в итоге позволит им разрабатывать рекомендации, основанные на фактах, обосновывать политику и практику, а также развивать область управления проектами.

Есть также и новые возможности для будущих исследований в области управления проектами. Например, дальнейшее изучение применения этих критериев в различных отраслевых контекстах может дать ценные сведения об их адаптивности и эффективности. Кроме того, изучение интеграции этих критериев с развивающимися технологиями, такими как искусственный интеллект и блокчейн, может привести к разработке более сложных инструментов оценки

проектов. Кроме того, изучение роли этих критериев в содействии устойчивому развитию и социальному воздействию может пролить свет на их потенциал в стимулировании позитивных изменений. Кроме того, изучение применимости критериев в различных культурных и организационных условиях может открыть новые перспективы для лучших практик управления проектами. Поскольку ландшафт управления проектами продолжает развиваться, очень важно опираться на эту исследовательскую базу и изучать эти возможности для развития области и решения сложных задач.

После оценки отдельного проекта логика апробации расширяется до уровня предприятия, алгоритм оценки технологического потенциала был применен к вектору показателей металлургического предприятия на период 2024 года. В качестве проектов для оценки их влияния на технологический потенциал были выбраны локализация литейного оборудования, реализация программы энергоэффективности, внедрение MES-системы на ключевых агрегатах, освоение новой марки стали и реализация ESG-проекта по очистке стоков. В качестве прогнозного периода был выбран период 2025-2030 гг.

Результаты оценки технологического потенциала на 2024 год представлены в таблице 26:

Таблица 26 – Результаты оценки индекса технологического потенциала

Показатель	2024 (исходный уровень)
Субиндекс: Производственная база	0,467
Субиндекс: Инновации и НИОКР	0,292
Субиндекс: Цифровизация и автоматизация	0,451
Субиндекс: Человеческий капитал	0,6
Субиндекс: Технологический суверенитет	0,212
Интегральный индекс: ТР (простое среднее)	0,404

Источник: составлено автором

В 2024 г. интегральная оценка технологического потенциала предприятия (ТР), рассчитанная как простое среднее пяти субиндексов, составляет 0,404 (по

шкале 0-1), что соответствует умеренному уровню при выраженной структурной неоднородности по блокам.

Наиболее сильной стороной выступает блок «Человеческий капитал» (0,6), отражающий относительно высокий уровень компетенций персонала, практик обучения и организационной зрелости управления технологиями. Сопоставимо высокий результат демонстрирует блок «Производственная база» (0,467), что указывает на приемлемое состояние оборудования и производственной инфраструктуры, а также на наличие потенциала дальнейшей модернизации. Блок «Цифровизация и автоматизация» (0,451) находится на близком уровне к производственной базе, что свидетельствует о частичной зрелости цифрового уровня управления производством и активами, но без достижения уровня «сквозной» цифровизации.

В то же время выявлены два явных ограничения, формирующих «узкие места» профиля. Блок «Инновации и НИОКР» (0,292) характеризует недостаточную интенсивность инновационной деятельности и ограниченную эффективность НИОКР (в терминах патентной активности и доли новых/модернизированных продуктов). Наиболее низкое значение фиксируется по блоку «Технологический суверенитет» (0,212), что указывает на сохраняющуюся зависимость от внешних поставок критических технологий и компонентов, а также на ограниченную глубину интеграции в отечественные технологические цепочки.

На рисунке 4 представлена тепловая карта индикаторов (в нормированной оценке).

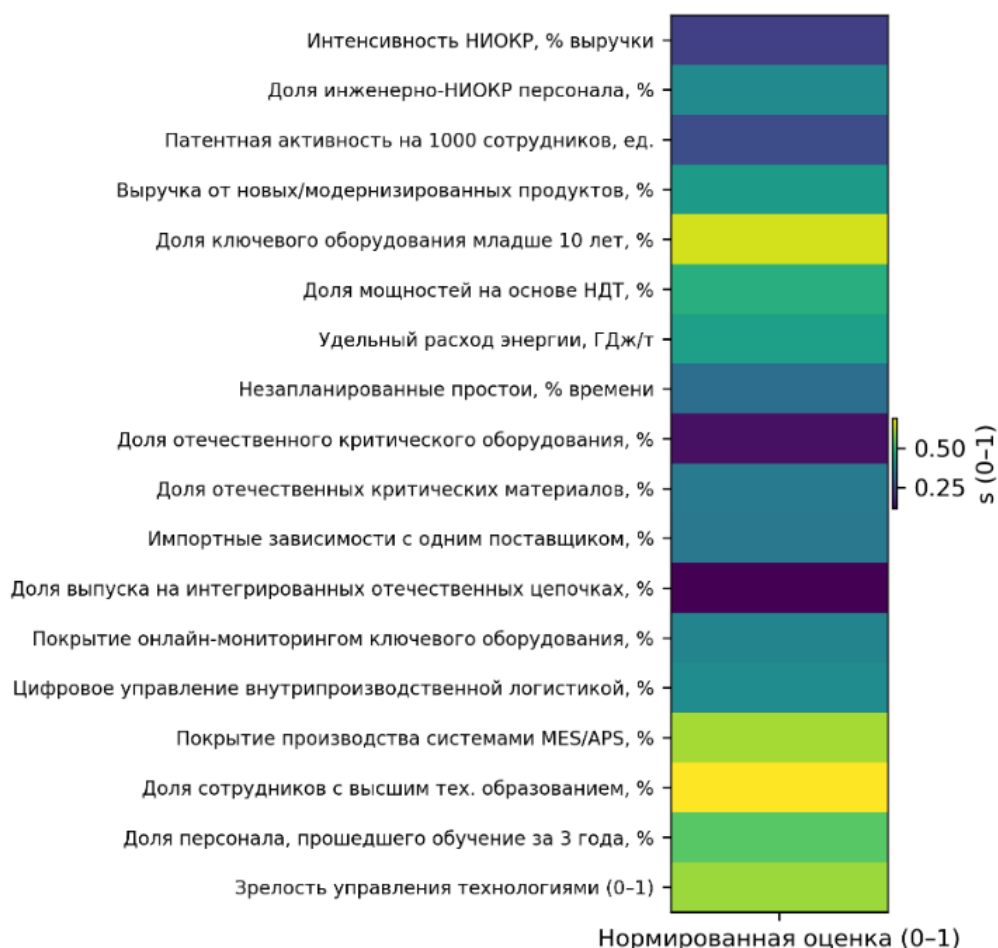


Рисунок 4 – Тепловая карта нормализованных индикаторов.

Источник: составлено автором

На рисунке (тепловая карта) представлены нормированные значения S (0-1) по всем 18 индикаторам за 2024 г.: более светлые оттенки соответствуют более высокому достижению целевого уровня, более темные – более низкому. Визуально фиксируется неоднородный профиль: часть показателей находится в зоне относительно высоких оценок, тогда как ряд критичных индикаторов устойчиво «проседает», формируя технологические узкие места.

Наиболее благоприятная группа значений относится к человеческому капиталу и управленческой зрелости: высокие оценки демонстрируют доля сотрудников с высшим техническим образованием, охват обучением и зрелость управления технологиями. Сопоставимо сильные результаты видны по отдельным параметрам производственной и цифровой зрелости: выделяются высокий уровень

покрытия производства MES/APS и относительно высокая доля ключевого оборудования младше 10 лет (светлые тона), что согласуется с умеренно высокими субиндексами «Человеческий капитал» и «Производственная база» в таблице 26.

Наиболее проблемная зона – технологический суверенитет: низкие нормированные оценки по доле отечественного критического оборудования и материалов, а также по доле выпуска на интегрированных отечественных цепочках подтверждают вывод о том, что именно этот блок является ключевым ограничителем интегрального индекса и должен выступать приоритетным направлением отбора проектов, снижающих выявленные критические зависимости.

На рисунке 5 представлен вклад проектов технологического развития в индекс технологического потенциала

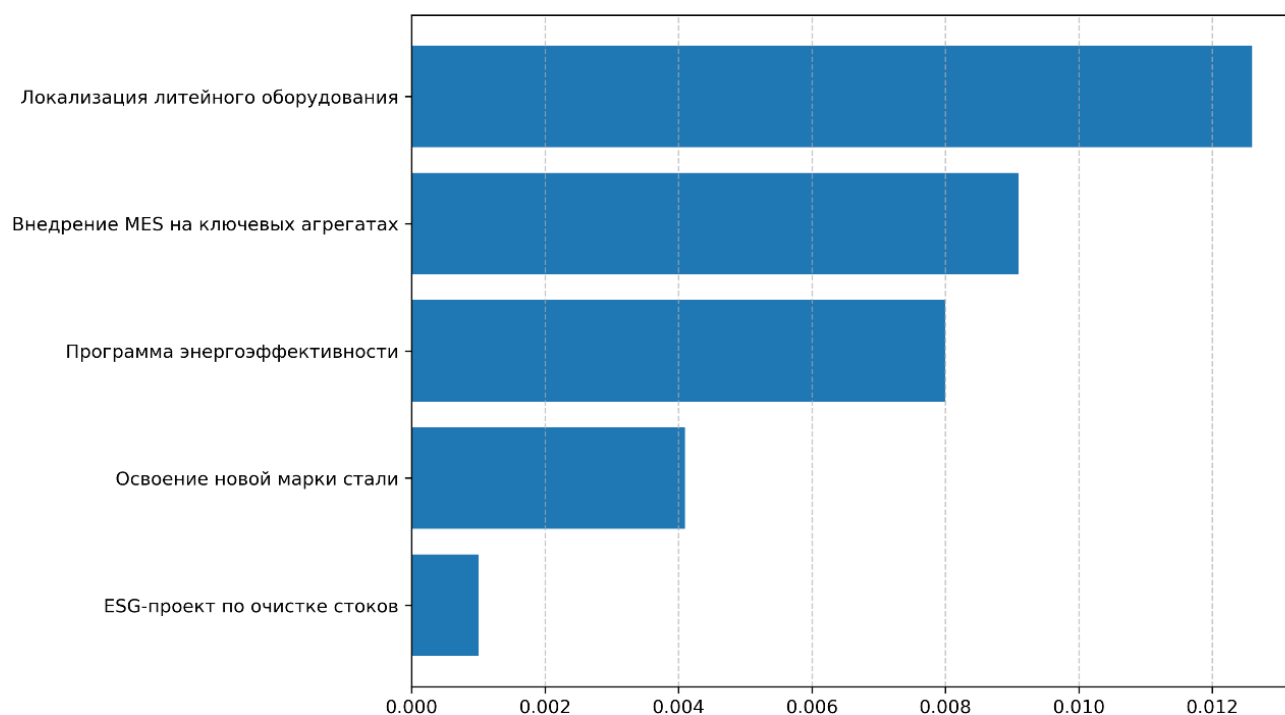


Рисунок 5 – Вклад проектов в индекс технологического потенциала (баллы, ось X). Источник: составлено автором

Лидирующую позицию занимает проект «Локализация литейного оборудования»: он обеспечивает наибольший ожидаемый прирост ТР (порядка 0,013),

что отражает его мультипликативное влияние на блок технологического суверенитета (критическое оборудование/материалы, снижение импортных зависимостей, рост доли выпуска в интегрированных цепочках). Вторым по значимости выступает проект «Внедрение MES на ключевых агрегатах» (около 0,009), формирующий вклад преимущественно через рост показателей блока цифровизации и автоматизации. Сопоставимый, но несколько меньший эффект демонстрирует «Программа энергоэффективности» (около 0,008), влияющая главным образом на снижение удельного энергопотребления и простоев, то есть на улучшение параметров производственной базы.

В целом распределение вкладов подтверждает, что для ускоренного роста интегрального показателя приоритетны проекты, которые закрывают выявленные «узкие места» (прежде всего технологический суверенитет) и/или обеспечивают системное улучшение управляемости производства (цифровизация), тогда как узконаправленные проекты дают существенно меньший прирост ТР.

На рисунке 6 представлен прогноз индекса технологического потенциала (траекторий технологического развития).

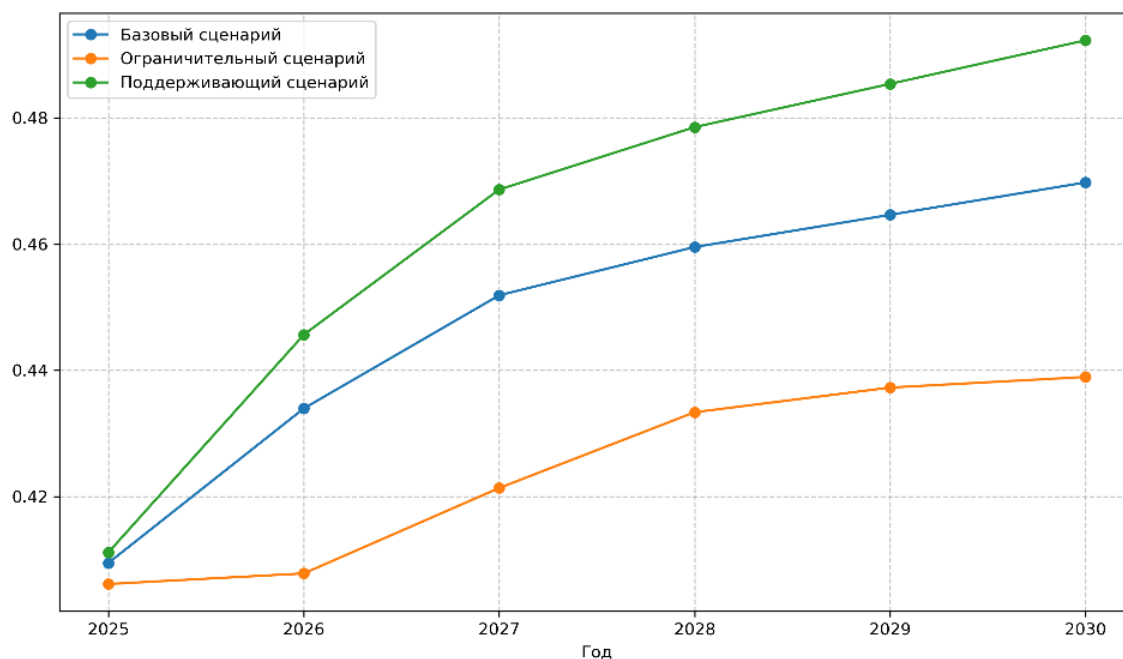


Рисунок 6 – Прогноз траекторий технологического развития (ось Y – индекс технологического потенциала, баллы).

Источник: составлено автором

Виден устойчивый рост интегрального индекса технологического потенциала (СИТР) в 2025-2030 гг. во всех сценариях, однако темпы и итоговый уровень существенно различаются.

Поддерживающий сценарий демонстрирует наиболее быстрый рост: после заметного скачка в 2026-2027 гг. (период активного «включения» эффектов проектов) траектория выходит на более плавное повышение и к 2030 г. достигает порядка 0,49.

Базовый сценарий характеризуется умеренной динамикой: рост наиболее выражен до 2027 г., затем наблюдается постепенное замедление; к 2030 г. СИТР составляет около 0,47.

Ограничительный сценарий-самый инерционный: в 2025-2026 гг. прирост минимален, далее происходит постепенное улучшение, но итоговый уровень к 2030 г. ограничен значениями порядка 0,44.

Разрыв между сценариями формируется уже в первые годы и затем сохраняется: к 2030 г. поддерживающий сценарий превышает базовый примерно на 0,02 пункта, а базовый превосходит ограничительный примерно на 0,03 пункта.

Предложенный алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования технологического развития предприятия ориентирован на преодоление разрыва между, с одной стороны, статическими композитными индексами, фиксирующими состояние системы в конкретный момент времени, и, с другой стороны, проектно-ориентированными инструментами управления, которые описывают портфель инициатив, но обычно не формируют сопоставимую во времени количественную траекторию. Алгоритм реализован как связка трех взаимосвязанных модулей: (1) диагностика текущего технологического потенциала (расчет субиндексов и интегрального индекса на основе нормированных показателей), (2) оценка проектного воздействия (перевод параметров проектов в детерминированные приращения выбранных показателей с учетом сроков реализации и сценарных предпосылок), (3) прогнозирование (итеративное обновление вектора показателей и индексов на заданном горизонте).

Результаты апробации подтверждают практическую применимость алгоритма для диагностических и прогностических задач. Базовая оценка за 2024 г., представленная системой субиндексов и интегральным индексом, фиксирует неоднородность состояния предприятия по ключевым измерениям (производственная база, инновации и НИОКР, цифровизация и автоматизация, человеческий капитал, технологический суверенитет). Существенным результатом апробации также выступает возможность количественной декомпозиции вклада отдельных инициатив в целевые показатели, что отражается на диаграмме вкладов проектов, а сценарное прогнозирование, в свою очередь, формирует альтернативные траектории на горизонте 2025-2030 гг.; при этом сценарии трактуются не как экспертное мнение, а как параметризация темпов изменения показателей без реализации новых проектов и проектных эффектов (интенсивности, лагов, реализуемости),

вследствие чего алгоритм порождает несколько формально согласованных и сопоставимых траекторий.

В результате обеспечивается прозрачность оценки, что повышает интерпретируемость композитной оценки и создает основу для факторной декомпозиции результата. Кроме того, модульная логика поддерживает расширяемость метода, состав показателей и структура субиндексов могут адаптироваться к отраслевой специфике без изменения вычислительной логики; аналогично допускается уточнение весов и правил нормирования при сохранении воспроизводимости процедуры. Также алгоритм формирует основу для формализованного сопоставления портфелей проектов: сравниваются не только финансовые или технологические параметры инициатив, но и их вклад в целевую функцию технологического развития, заданную через индекс и/или его компоненты.

Ограничения и направления дальнейшего развития предложенного алгоритма связаны главным образом с параметризацией эффектов и учетом зависимостей между показателями. В текущей постановке эффекты проектов задаются как экзогенные приращения, тогда как в реальных системах возможны нелинейности, комплементарность и каннибализация эффектов, а также обратные связи (например, влияние цифровизации на производственную эффективность и интенсивность НИОКР).

3.3 Организационно-экономический механизм развития металлургических предприятий в условиях укрепления технологического суверенитета

Проведенная апробация показывает расчетный эффект проектов, однако сама по себе не определяет, кто принимает решения, как распределяются ресурсы и как корректируется портфель при отклонении от целевой траектории. Предприятие самостоятельно определяет, какие технологические зависимости являются критическими, какие проекты способны их снизить, как распределить ограниченный инвестиционный ресурс и приведет ли выбранный портфель к целевой

траектории технологического потенциала. Следовательно, между внешними целями технологического суверенитета и фактическим изменением технологического состояния предприятия существует потребность в управляемом механизме.

В экономической литературе категория механизма трактуется неоднозначно. В теории экономических механизмов Л. Гурвица и Э. Маскина механизм рассматривается через правила взаимодействия участников, позволяющие реализовать заданные общественные или экономические цели при ограниченной информации и несовпадении интересов. В отечественной академической традиции экономический механизм чаще раскрывается как совокупность методов, рычагов, стимулов, ресурсов и организационных условий, обеспечивающих движение системы к результату. Для организационно-экономического механизма принципиально важны не только инструменты воздействия, но и субъект, объект, функции, ресурсное обеспечение, критерии эффективности и обратная связь.

Указанные подходы позволяют отделить механизм от методики расчета. Методика отвечает на вопрос, как измерить показатель или оценить проект, а механизм отвечает на вопрос, как на основе измерения изменить поведение предприятия, распределение ресурсов и состав реализуемых проектов. Иными словами, механизм представляет собой систему в действии, где правила, субъекты, ресурсы и инструменты связаны с достижением конкретного результата.

Для настоящего исследования важна технологическая направленность механизма и, в связи с этим, под технологическим развитием металлургического предприятия понимается управляемое изменение его производственной, цифровой, инновационной, кадровой и кооперационной базы, выражающееся в росте технологического потенциала и снижении критических технологических зависимостей. Такое понимание отличается от узкой трактовки технологического развития как обновления оборудования (чем оно, как правило не является, это уже больше вопрос техники). Для металлургического предприятия технологическое развитие, в данном случае, включает, к примеру, модернизацию агрегатов, развитие НИОКР и инженерных компетенций, цифровую управляемость

производства, устойчивость цепочек поставок, локализацию критических технологий и способность формировать технологические проекты, согласованные с отраслевыми и национальными целями.

С учетом изложенного под организационно-экономическим механизмом технологического развития металлургического предприятия в условиях укрепления технологического суверенитета предлагается понимать систему субъектов, процедур, методических инструментов, экономических рычагов, ресурсных ограничений и обратной связи, обеспечивающую перевод результатов диагностики технологического состояния и критических зависимостей в выбор, реализацию и корректировку портфеля технологических проектов, направленного на достижение целевой траектории технологического потенциала предприятия.

Данное определение фиксирует три существенных признака:

- Во-первых, механизм имеет организационную основу: решения не возникают автоматически из расчета, а принимаются конкретными субъектами, выполняющими функции диагностики, оценки, согласования, финансирования, реализации и контроля.

- Во-вторых, механизм имеет экономическую основу: технологические проекты проходят через ограничения бюджета, стоимости капитала, производственных окон, рисков, доступности мер поддержки и ресурсной обеспеченности.

- В-третьих, механизм имеет технологическую целевую функцию: итогом является не сам факт инвестирования, а изменение технологического состояния предприятия, выраженное через показатели технологического потенциала, цифровой зрелости, инновационной активности и технологической независимости.

При этом объектом воздействия является не инвестиционная деятельность в целом, а технологическое состояние предприятия и его способность двигаться к целевой траектории технологического потенциала.

Цель предлагаемого механизма заключается в обеспечении управляемого перехода металлургического предприятия от текущего технологического

состояния к целевому состоянию, соответствующему требованиям технологического суверенитета, отраслевой конкурентоспособности и устойчивого функционирования производственной системы. На уровне предприятия эта цель раскрывается через четыре частные задачи: выявление технологических разрывов; выбор проектов, закрывающих эти разрывы; формирование реализуемого портфеля с учетом ограничений; прогнозирование и мониторинг достижения целевой траектории технологического потенциала. Для этого необходимо сформулировать принципы, на которые должен опираться механизм (таблица 27).

Таблица 27 – Принципы механизма

Опорный принцип механизма	Содержание
1	2
Принцип целевой соподчиненности	Корпоративные технологические цели должны быть согласованы с национальными и отраслевыми ориентирами, но переведены на язык показателей предприятия. Для металлургического предприятия это означает локализацию критического оборудования и материалов, снижение зависимости от недоступного программного обеспечения, развитие цифрового контроля производства, модернизацию агрегатов и сохранение инженерных компетенций.
Принцип технологической причинности	Проект признается проектом технологического развития не по названию, а по доказуемому влиянию на конкретный технологический разрыв или субиндекс технологического потенциала. Если проект повышает выручку, но не влияет на производственную базу, цифровизацию, НИОКР, компетенции или технологическую независимость, он может быть включен в инвестиционную программу, но не должен автоматически получать приоритет в механизме технологического развития.
Принцип экономической реализуемости	Технологическая значимость проекта сопоставляется с его стоимостью, риском, сроками, потребностью в остановках производства, доступностью финансирования и возможностью привлечения мер поддержки.
Принцип портфельной сбалансированности	Предприятие должно оценивать не только отдельный проект, но и совокупность проектов. Для капиталоемкой металлургии это принципиально: проекты модернизации агрегатов, цифровизации, локализации оборудования, НИОКР и подготовки кадров могут иметь разные сроки эффекта, но вместе формировать целевую технологическую траекторию.

Продолжение таблицы 27

1	2
Принцип адаптивности	Регулярный пересмотр портфеля при изменении внешних условий: санкционных ограничений, доступности поставщиков, стоимости капитала, спроса на металлопродукцию, технологической готовности решений и параметров государственной поддержки.
Принцип кооперационности	Часть технологических разрывов не может быть закрыта только ресурсами одного предприятия. В таких случаях механизм допускает формирование кооперационных и интеграционных решений с поставщиками, научными организациями, финансовыми институтами и промышленными партнерами.
Принцип измеримости и обратной связи	Каждое решение должно иметь проверяемую связь с индикаторами технологического состояния. Показатели технологического потенциала и технологической независимости используются не как отчетная статистика, а как основание для пересмотра целей, проектов, сроков и ресурсного обеспечения.

Источник: составлено автором

Внешняя среда в предлагаемой логике не включается в состав механизма как его внутренний элемент. Она задает входные условия, ограничения и стимулы. К ним относятся национальные цели технологического развития, санкционные ограничения, доступность поставщиков и сервисной поддержки, состояние отраслевых рынков, требования НДТ и ESG, меры промышленной политики, кадровая ситуация и стоимость капитала. Сам механизм формируется и реализуется на уровне предприятия, поскольку именно предприятие принимает решения о проектном портфеле, ресурсах, исполнителях и корректировке технологической траектории.

Структура механизма представлена на рисунке 7. Она включает внешние условия, уровень субъектного управления предприятием, процессный уровень, методико-экономический уровень, выход механизма и обратную связь.

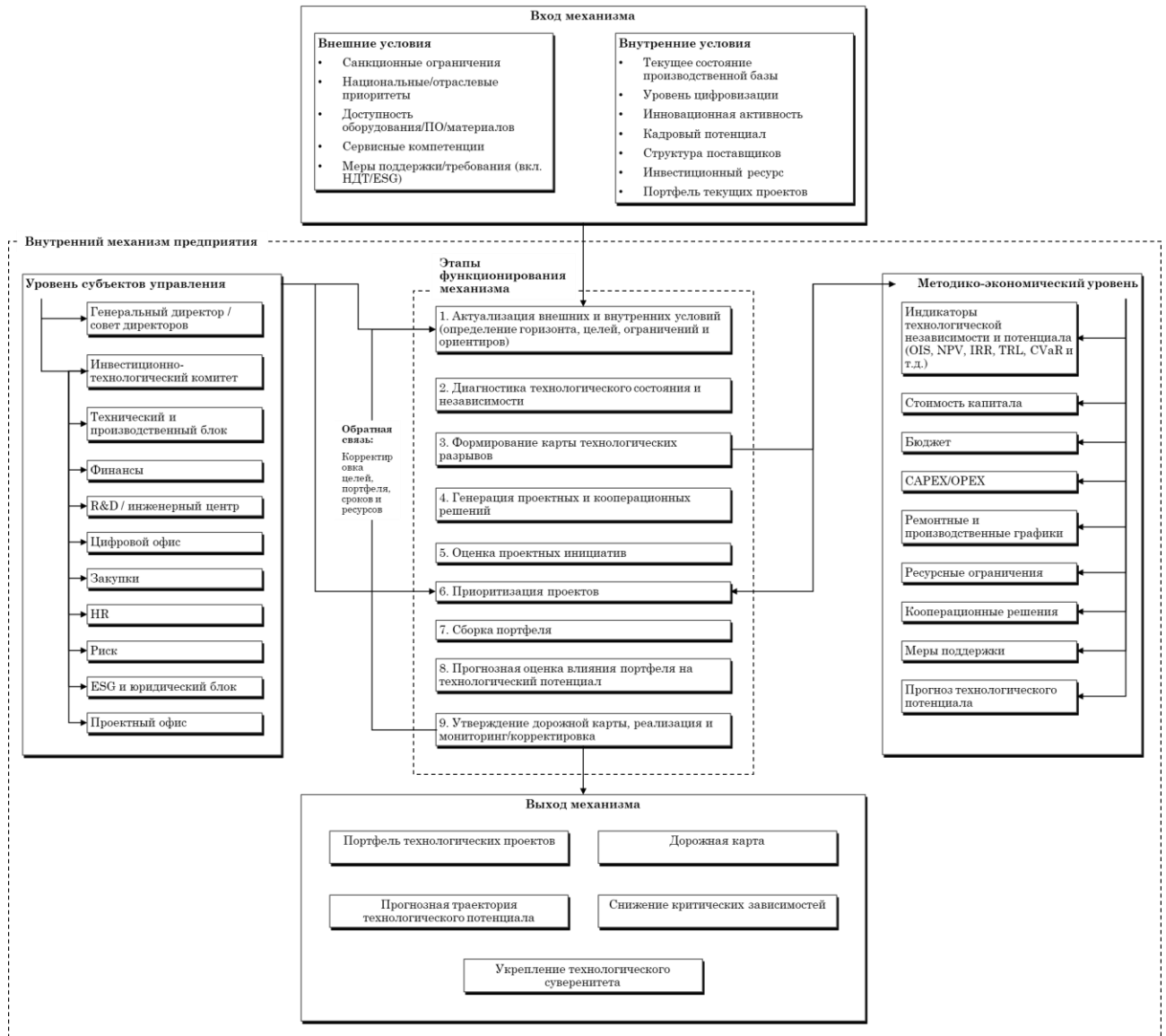


Рисунок 7 – Механизм развития металлургических предприятий.

Источник: составлено автором

Вход механизма формируется на пересечении внешних и внутренних условий, к внешним условиям относятся санкционные ограничения, национальные и отраслевые приоритеты, доступность оборудования, программного обеспечения, материалов, сервисных компетенций, меры поддержки и требования к технологической устойчивости, а к внутренним условиям относятся текущее состояние производственной базы, уровень цифровизации, инновационная активность, кадровый потенциал, структура поставщиков, инвестиционный ресурс и портфель действующих проектов.

Субъектный уровень механизма выглядит как инвестиционно-технологический комитет предприятия, но, в то же время, это не обязательно должен быть новый орган управления, так, например, в зависимости от масштаба предприятия его функции могут выполнять действующий инвестиционный комитет, научно-технический совет или проектно-инвестиционный комитет. Основное отличие в закреплении функций, в его составе должны быть представлены генеральный директор или профильный заместитель, технический и производственный блоки, финансово-экономическая служба, служба закупок и снабжения, НИОКР или инженерный центр, цифровой офис, проектный офис, служба рисков, ESG/экологический блок, HR и юридическое сопровождение. При необходимости к работе привлекаются внешние эксперты, поставщики, научные организации, банки и институты развития.

Распределение ролей внутри механизма представлено в таблице 28.

Таблица 28 – Роли участников в механизме

Участник	Функция в механизме	Основной результат
1	2	3
Генеральный директор / профильный заместитель	Утверждает целевые параметры технологического развития, состав комитета и границы инвестиционного ресурса	Принятие верховных решений
Инвестиционно-технологический комитет	Утверждает веса критериев, пороговые значения, приоритеты проектов, состав портфеля и правила пересмотра	Портфель технологических проектов
Технический и производственный блок	Оценивает состояние агрегатов, ремонтные окна, технологическую реализуемость проектов и риски внедрения	Технологическое заключение
Финансово-экономический блок	Рассчитывает NPV, IRR, CAPEX/OPEX, стоимость капитала, бюджетные ограничения и эффект мер поддержки	Экономическое заключение
Центр НИОКР / инженерный центр	Оценивает технологическую новизну, TRL, потребность в опытно-промышленных испытаниях и развитие компетенций	Заключение о технологической готовности
Цифровой офис / ИТ-блок	Оценивает зависимость от ПО, архитектуру данных, цифровой эффект и совместимость решений	Цифровая дорожная карта

Продолжение таблицы 28

1	2	3
Закупки и снабжение	Оценивает поставщиков, локализацию, риски единственного источника, сроки поставки и сервисную поддержку	Карта поставщиков и зависимостей
Проектный офис	Ведет паспорта проектов, календарный план, контроль сроков, бюджетов, КРІ и отчетность	План-график и мониторинг
HR и блок компетенций	Оценивает кадровое обеспечение, потребность в обучении и дефицит инженерных/цифровых специалистов	План развития компетенций
Риск, ESG и юридический блок	Оценивает санкционные, регуляторные, экологические и договорные ограничения	Карта рисков и комплаенс-условий

Источник: составлено автором

Объектом механизма выступает технологическое развитие предприятия, выраженное через изменение технологического потенциала, технологической независимости и устойчивости критических производственных цепочек. Предметом воздействия являются технологические разрывы, критические зависимости, проектные инициативы, производственные ограничения, компетенции, поставщики и кооперационные связи.

Методико-экономический уровень включает разработанные в исследовании инструменты: систему индикаторов технологической независимости и эффективности промышленной политики технологического суверенитета; систему критериев оценки технологических проектов; организационно-экономическую модель управления портфелем технологических проектов; подход к оценке эффективности промышленной интеграции; алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования траекторий технологического развития.

Выходом механизма является, по-сути, управленческий результат: ранжированный и приоритизированный ресурсно-обеспеченный портфель технологических проектов, дорожная карта реализации, прогнозная траектория технологического потенциала, перечень мероприятий по снижению критических зависимостей, распределение ответственности и система мониторинга. Если

фактическая динамика отличается от прогнозной, обратная связь запускает корректировку целей, состава портфеля, сроков, бюджетов и состава участников.

Функционирование механизма включает девять последовательных этапов, первый этап из которых – актуализация внешних и внутренних условий. На этом этапе инвестиционно-технологический комитет фиксирует горизонт планирования, ключевые ограничения и целевые ориентиры. Внешние условия включают национальные и отраслевые приоритеты, санкционные ограничения, доступность оборудования и программного обеспечения, параметры государственной поддержки, требования НДТ и ESG, рыночную ситуацию и стоимость капитала. Внутренние условия включают состояние агрегатов, цифровых систем, поставщиков, компетенций, бюджета и действующих проектов.

Второй этап – диагностика технологического состояния предприятия. Для этого используются индикаторы технологического потенциала и технологической независимости. Применение нормирования по принципу «база-цель» позволяет оценить продвижение по каждому показателю (формула 14):

$$Z_{i,t} = \frac{x_{i,t} - x_{i,base}}{x_{i,target} - x_{i,base}}, \quad (14)$$

где $x_{i,t}$ – фактическое значение показателя i в период t ;

$x_{i,base}$ – базовое значение;

$x_{i,target}$ – целевое значение;

$Z_{i,t}$ – нормированная оценка достижения цели.

Для показателей с обратной направленностью используется зеркальная форма нормирования. Результатом этапа является не только интегральная оценка, но и профиль субиндексов: производственная база, инновации и НИОКР, цифровизация, человеческий капитал, технологическая независимость и устойчивость цепочек.

Третий этап – формирование карты технологических разрывов. Разрыв по показателю i определяется как отставание от целевого уровня:

$$g_{i,t} = \max(0; z_i^{target} - z_{i,t}), \quad (15)$$

где $g_{i,t}$ – разрыв показателя i в период t ;

z_i^{target} – целевое значение;

$z_{i,t}$ – нормированная оценка достижения цели.

Если показатель находится в зоне существенного отставания, например ниже 0,4 по шкале от 0 до 1, он относится к критическим разрывам. Значения в диапазоне 0,4-0,7 характеризуют управляемое отставание, а значения выше 0,7 – зону текущего контроля. Такая градация не является жесткой для всех предприятий, но должна быть установлена до начала оценки, чтобы исключить произвольное изменение правил после получения результатов.

Четвертый этап – генерация проектных и кооперационных решений. Для каждого критического разрыва формируется перечень возможных решений: модернизация агрегатов, локализация оборудования, переход на отечественное или доступное промышленное программное обеспечение, создание инженерного центра, прикладные НИОКР, обучение персонала, развитие поставщика, промышленная интеграция, технологический скаутинг или опытно-промышленные испытания. На этом этапе важна причинная связь: проект должен иметь паспорт влияния на конкретные индикаторы и субиндексы.

Пятый этап – оценка проектных инициатив. Для каждого проекта формируется паспорт, включающий целевой технологический разрыв, ожидаемый эффект на показатели $\beta_{i,m}$, вероятность реализации π_m , экономические показатели, TRL, уровень локализации, риски, потребность в ресурсах, календарные ограничения и возможность привлечения мер поддержки. Оценка проекта выполняется по системе критериев, включающей экономику, ESG, технологический

потенциал и импортозамещение. Итоговый показатель OIS используется не как единственное основание выбора, а как один из входов в портфельное решение.

Шестой этап – приоритизация проектов. Приоритет проекта формируется за счет совмещения пяти факторов: критичности закрываемого разрыва, ожидаемого вклада в технологический потенциал, интегральной оценки проекта, ресурсной реализуемости и риска. В общем виде приоритет проекта m может быть представлен следующим выражением:

$$P_m = \lambda_1 C_m + \lambda_2 E_m + \lambda_3 OIS_m + \lambda_4 L_m - \lambda_5 R_m - \lambda_6 Q_m, \quad (16)$$

где C_m – критичность закрываемого технологического разрыва;

E_m – ожидаемый вклад проекта в прогнозную траекторию технологического потенциала;

OIS_m – интегральная оценка проекта;

L_m – соответствие проекта целям локализации, кооперации и мерам поддержки;

R_m – риск реализации;

Q_m – стоимость ресурсов для проекта;

$\lambda_1, \dots, \lambda_6$ – веса факторов, утверждаемые инвестиционно-технологическим комитетом до начала оценки.

Критичность закрываемого разрыва может быть рассчитана как сумма отставаний по тем показателям, на которые влияет проект:

$$C_m = \sum_i a_i I_{i,m} g_{i,t}, \quad (17)$$

где a_i – стратегическая значимость показателя;

$I_{i,m}$ – признак влияния проекта m на показатель i ;

$g_{i,t}$ – величина технологического разрыва.

Ожидаемый вклад проекта в траекторию может быть оценен через прогнозируемое изменение субиндексов с учетом вероятности реализации:

$$E_m = \sum_i w_i \pi_m \beta_{i,m}, \quad (18)$$

Такой порядок отвечает на вопрос, за счет чего проект получает приоритет. При этом приоритет не должен назначаться декларативно, его должны формировать субиндексы, доказуемый вклад проекта, экономическая оценка, уровень риска и ресурсные ограничения. К примеру, если проект имеет высокий NPV, но не влияет на критические технологические разрывы, его приоритет в механизме технологического развития ограничивается. В то же время если проект снижает критическую зависимость, но имеет недостаточную экономическую эффективность, он не отклоняется автоматически: комитет рассматривает возможность изменения конфигурации проекта, привлечения мер поддержки, кооперации с поставщиками или переноса сроков.

Седьмой этап – сборка портфеля. Проекты включаются в портфель с учетом годовых лимитов CAPEX, производственных окон, доступности персонала, сроков поставки оборудования, взаимного исключения проектов, технологической совместимости и рисков. На этом этапе используется портфельная модель, в которой максимизация ценности дополняется учетом риска и ограничений реализации. Для металлургии этот этап особенно важен, поскольку технологические проекты часто требуют остановок агрегатов, синхронизации с капитальными ремонтами и проверки совместимости решений с действующей технологической цепочкой.

Восьмой этап – прогнозная проверка портфеля. Выбранный портфель проверяется через алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования траектории развития. Интегральный индекс технологического потенциала в общем виде определяется как:

$$TP_t = \sum_{k=1}^K w_k S_{k,t}, \quad (19)$$

где $S_{k,t}$ – нормированное значение субиндекса k в период t ;

w_k – вес субиндекса;

K – число субиндексов.

Для сценария s и портфеля проектов прогнозная оценка принимает вид $TP_t^{s,portfolio}$. Если прогнозная траектория не достигает целевого уровня, портфель возвращается на этап приоритизации и сборки. Следовательно, прогнозирование в механизме выполняет не иллюстративную, а управляющую функцию: оно проверяет достаточность портфеля для достижения технологического результата.

Девятый этап – утверждение дорожной карты, реализация, мониторинг и корректировка. Дорожная карта фиксирует проекты, сроки, бюджеты, ответственных, целевые KPI, ожидаемый вклад в субиндексы и контрольные точки. Мониторинг проводится не только по освоению бюджета и срокам, но и по фактическому влиянию на технологическое состояние предприятия. Если фактические значения отклоняются от плановых, механизм запускает корректирующее действие: пересчет показателей, изменение весов, уточнение эффектов проектов, перераспределение бюджета, изменение сроков или замена проектных решений.

Наиболее существенным элементом механизма является правило перехода от диагностики к действию. Без такого правила индикаторы остаются описанием состояния, а проекты – набором инициатив, конкурирующих за инвестиционный ресурс. В предлагаемом механизме диагностика формирует карту технологических разрывов, а карта разрывов задает требования к проектам. Если диагностика выявляет отставание по технологической независимости, приоритет получают проекты, влияющие на зависимость от критического оборудования, материалов, программного обеспечения, сервисной поддержки или единственного

поставщика. Это могут быть проекты локализации оборудования, развитие отечественного поставщика, переход на альтернативную архитектуру промышленного ПО, создание запасов критических компонентов, реинжиниринг технических решений или промышленная интеграция с участниками цепочки.

Если слабым блоком является цифровизация и автоматизация, приоритет смещается к проектам MES/APS, предиктивной диагностики, онлайн-мониторинга оборудования, цифровых паспортов агрегатов, интеграции данных производства и технического обслуживания. Однако такой проект должен быть связан не только с внедрением программного продукта, но и с изменением управляемости технологического процесса: снижением простоев, улучшением качества данных, повышением точности планирования или уменьшением зависимости от недоступных внешних решений. Если диагностика показывает отставание в инновациях и НИОКР, механизм переводит проблему в проекты инженерного центра, опытно-промышленных испытаний, разработки новых марок стали, прикладных исследований, патентования и кооперации с вузами. Здесь особенно важна кооперация, так как предприятие может не обладать всеми компетенциями внутри, поэтому часть технологического развития реализуется через взаимодействие с научными организациями, поставщиками и промышленными партнерами. Если выявлены проблемы производственной базы, например высокая доля изношенного оборудования, высокая энергоемкость или простои, проекты модернизации агрегатов получают приоритет при условии, что их эффект подтверждается производственным блоком и учитывает ремонтные окна. Такая логика особенно важна в металлургии, где ошибка в календаре проекта может привести к срыву производственной программы. Если после сборки портфеля прогнозная траектория технологического потенциала не достигает целевого уровня, механизм не фиксирует неудачу, а возвращает предприятие к пересборке портфеля. В этом состоит отличие механизма от разовой оценки: результат расчета становится основанием для нового управленческого цикла.

Для сохранения работоспособности механизм должен иметь собственную самодиагностику. Она проводится на контрольных точках, например ежеквартально для статуса проектов и ежегодно для пересмотра технологической траектории. Самодиагностика отвечает на пять вопросов.

Первый вопрос: достигается ли целевая траектория технологического потенциала и его субиндексов? Если интегральный индекс растет, но один из критических субиндексов остается в зоне отставания, механизм не считается полностью результативным. Например, рост производственной эффективности при сохранении зависимости от недоступного промышленного ПО не означает достижения технологического суверенитета на уровне предприятия.

Второй вопрос: выполняются ли проекты в пределах сроков, бюджетов и производственных ограничений? Если проект систематически выходит за рамки CAPEX, требует дополнительных остановок или не достигает требуемого уровня технологической готовности, его параметры пересматриваются, а портфель пересчитывается.

Третий вопрос: снижаются ли критические зависимости? Для этого отслеживаются доля отечественных или контролируемых поставщиков, количество зависимостей от единственного источника, доступность сервисной поддержки, уровень локализации, состояние запасов критических компонентов и зависимость от иностранного программного обеспечения.

Четвертый вопрос: сохраняется ли баланс портфеля? Портфель не должен состоять только из проектов с быстрым финансовым эффектом или только из долгосрочных НИОКР. Для металлургического предприятия необходим баланс между модернизацией оборудования, цифровыми проектами, локализацией, развитием поставщиков, компетенциями и продуктивно-технологическими инициативами.

Пятый вопрос: достаточны ли организационные условия реализации? Проверяются качество проектных паспортов, полнота данных, участие ответственных подразделений, готовность персонала, согласованность решений между

техническим, финансовым и производственным блоками. Если механизм формально существует, но подразделения не предоставляют данные или не несут ответственности за эффекты проектов, он не обеспечивает технологическое развитие.

Корректировка механизма может принимать четыре формы. Первая – корректировка параметров: уточнение целевых значений, весов, порогов и допущений прогноза. Вторая – корректировка проектов: изменение состава, сроков, бюджета, технологической конфигурации или ответственных. Третья – корректировка организационной среды / уровня: изменение состава комитета, закрепление дополнительных функций за проектным офисом, привлечение внешних экспертов или партнеров. Четвертая – корректировка экономики проекта, например пересмотр источников финансирования, использование мер поддержки, перераспределение лимитов CAPEX и изменение подхода к риску.

Сопоставление с рассмотренными подходами показывает, что отдельные элементы предлагаемого механизма известны в литературе и практике: экономическая оценка проектов, портфельное управление, дорожные карты, показатели технологической зрелости, системы индикаторов технологического суверенитета и механизмы организационно-экономического управления. Однако в имеющихся подходах они, как правило, рассматриваются раздельно. Индикаторы фиксируют состояние, но не решают задачу выбора проектов; проектные критерии оценивают инициативы, но не всегда связаны с технологической независимостью; портфельные модели распределяют ресурс, но редко проверяют вклад портфеля в будущую траекторию технологического потенциала; исследования технологического суверенитета чаще остаются на уровне государства, отрасли или политики. Предлагаемый механизм отличается тем, что связывает национальные и отраслевые цели технологического суверенитета, диагностику предприятия, оценку проектов, портфельное распределение ресурсов, промышленную интеграцию и прогноз технологического потенциала в единый механизм.

Сформированный механизм завершает практическую апробацию инструментария; его основные элементы и результаты применения обобщены в выводах по главе. Предложенный механизм включает категориально обоснованное определение, цель, принципы, субъектный уровень, объект воздействия, методико-экономические инструменты, процессный порядок работы, правила приоритизации проектов, прогнозную проверку и обратную связь. Особое значение имеет закрепление ролей: приоритеты проектов определяются через согласованную работу инвестиционно-технологического комитета, технического, производственного, финансового, цифрового, НИОКР, закупочного, HR, риск- и ESG-блоков.

Основное отличие механизма состоит в том, что технологическая независимость и технологический потенциал используются не как итоговые аналитические характеристики, а как основания для проектного поиска, портфельного выбора, распределения ресурсов и корректировки дорожной карты. Поэтому предложенная конструкция обеспечивает не разовую оценку, а управляемое изменение технологического состояния металлургического предприятия.

Выводы по 3 главе

1) Проведена оценка эффективности промышленной политики технологического суверенитета в черной металлургии на основе предложенной системы количественных показателей и индекса технологического суверенитета. Установлено, что динамика КИТС за 2017-2023 гг. носила неоднородный характер: после роста в 2018-2020 гг. последовали снижение и стагнация в 2021-2022 гг., а в 2023 г. зафиксировано частичное восстановление. Наибольший положительный вклад в укрепление технологического суверенитета внесли патентная автономность и кадровый потенциал в STEM, тогда как сдерживающими факторами выступили низкая интенсивность НИОКР, рост зависимости от импорта приоритетных товаров и слабая динамика экспорта высокотехнологичной продукции. Полученный результат подтвердил необходимость оценки технологического

суверенитета не только через общий индекс, но и через вклад его отдельных составляющих, что обеспечивает связь результатов промышленной политики с мезо- и микроуровнем.

2) На примере сегмента нержавеющей проката апробирован подход к реализации политики технологического суверенитета через формирование промышленной экосистемы. Проведены скрининг потенциальных участников, оценка их роли в цепочке создания стоимости, расчет ожидаемого влияния интеграции на достижение целевых параметров импортозамещения, а также экспертная оценка целесообразности включения предприятий, научных организаций, финансовых институтов и органов власти в экосистему. Показано, что объединение участников в промышленную экосистему способно оказать положительное влияние на достижение целей стратегии развития черной металлургии по снижению импортозависимости в сегменте нержавеющей проката, при этом оставшийся разрыв может быть закрыт за счет иных производителей, не включенных в рассматриваемую конфигурацию.

3) Выполнена критериальная оценка проекта импортозамещения холоднодеформированных нержавеющей труб, что позволило проверить применимость разработанной системы оценки технологических проектов. Расчет показал, что проект обладает итоговым интегральным баллом OIS 6,4; при этом наибольший вклад формируется за счет экономической составляющей, а более низкие значения технологического потенциала отражают специфику проекта, ориентированного преимущественно на создание производства по относительно готовой технологии. Полученный результат подтвердил, что предложение автора позволяет сопоставлять экономические, ESG-, технологические и импортозамещающие эффекты, выявлять сильные и слабые стороны инициативы и использовать результаты оценки при формировании портфеля технологического развития.

4) Апробирован алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования технологического развития предприятия. На основе исходной оценки за 2024 г. выявлена структурная неоднородность технологического потенциала:

более устойчивые позиции зафиксированы по человеческому капиталу, производственной базе, цифровизации и автоматизации, тогда как наиболее слабые значения показали блоки инноваций и НИОКР, а также технологического суверенитета. Оценка вклада проектов показала, что наибольшее влияние на интегральный показатель оказывает локализация литейного оборудования, далее следуют внедрение MES-системы и программа энергоэффективности. Построение траекторий на 2025-2030 гг. подтвердило применимость алгоритма для выявления технологических «узких мест», декомпозиции вклада отдельных проектов и сопоставления альтернативных вариантов технологического развития предприятия.

5) Сформирован организационно-экономический механизм развития металлургического предприятия в условиях укрепления технологического суверенитета. Механизм объединяет диагностику технологического состояния, формирование карты технологических разрывов, генерацию проектных и кооперационных решений, оценку и приоритизацию проектов, сборку портфеля, прогнозную проверку, утверждение дорожной карты, мониторинг и корректировку. Его отличие состоит в том, что показатели технологической независимости и технологического потенциала используются как основание для выбора проектов, распределения ресурсов, формирования портфеля и корректировки управленческих решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования автором получены следующие основные результаты и выводы, соответствующие цели и задачам работы:

1) Проведен анализ мировых моделей формирования технологического суверенитета, практик управления технологическим развитием зарубежных и российских металлургических компаний, а также ключевых вызовов, определяющих развитие металлургической отрасли в современных условиях. Установлено, что технологическое развитие металлургических предприятий в условиях декарбонизации, цифровизации, санкционных ограничений, изменения экспортной географии, зависимости от критического оборудования, программного обеспечения и инженерных компетенций не может рассматриваться только как обновление основных фондов или локальное внедрение отдельных инноваций. Оно представляет собой управляемую траекторию изменения технологического состояния предприятия, требующую диагностики критических зависимостей, оценки технологического потенциала, выбора проектов и прогнозирования ожидаемых результатов. На этой основе обоснован подход к оценке технологического развития и технологического суверенитета металлургических предприятий, позволяющий связать цели государственной промышленной политики с инструментами корпоративного управления технологическим развитием. Данный результат подтверждает необходимость формирования оценки технологического развития и технологического суверенитета на базе интеграции целей государственной политики импортонезависимости и инструментов управления технологическим развитием металлургических компаний.

2) Сформирована система показателей оценки эффективности политики промышленного развития и разработан интегральный индекс технологического суверенитета, позволяющий оценивать как общий уровень достижения технологического суверенитета, так и вклад отдельных направлений промышленной политики. В состав системы включены показатели патентной автономности,

интенсивности НИОКР, производственно-структурной основы технологического развития, импортнезависимой составляющей, экспортно-технологической составляющей и кадрового потенциала в STEM. Предложенный порядок нормирования показателей по принципу «база-цель» обеспечивает сопоставимость разнородных индикаторов и позволяет оценивать степень продвижения к целевым ориентирам технологического суверенитета. Апробация методики на данных за 2017-2023 гг. показала неоднородную динамику КИТС: рост в 2018-2020 гг., снижение и стагнацию в 2021-2022 гг. и частичное восстановление в 2023 г. Пик значения индекса был зафиксирован в 2020 г. на уровне 18,3%, затем показатель снизился до 10-11% в 2021-2022 гг. и восстановился до 17,8% в 2023 г. Наибольший положительный вклад внесли патентная автономность и кадровый потенциал STEM, тогда как сдерживающими факторами выступили низкая интенсивность НИОКР, рост зависимости от импорта приоритетных товаров и слабая динамика экспорта высокотехнологичной продукции. Полученные результаты подтверждают, что интегральный индекс технологического суверенитета должен формироваться на основе системы показателей, раскрывающей не только общий результат, но и внутреннюю структуру достижения целей промышленной политики.

3) Разработана система оценки импортнезависимости технологических проектов металлургического предприятия и разработана модель управления портфелем проектов технологического развития. Система оценки позволяет сопоставлять проекты по экономическим, эколого-социальным, технологическим и импортозамещающим параметрам, а также учитывать стратегическую значимость, риски, бюджетные ограничения, ресурсную реализуемость, сценарность результатов и «окна возможностей» для реализации проектов в условиях непрерывного металлургического производства. В рамках апробации выполнена критериальная оценка проекта импортозамещения холоднодеформированных нержавеющей труб. Итоговый интегральный балл проекта составил 6,4, при этом наибольший вклад сформирован экономической составляющей, а более низкая

оценка технологического потенциала отражает специфику проекта, ориентированного преимущественно на создание производства по относительно готовой технологии. Полученный результат показал, что предложенная система оценки может использоваться не только для определения привлекательности отдельного проекта, но и для сопоставления альтернативных инициатив, выявления их сильных и слабых сторон, формирования сбалансированного портфеля технологического развития и обоснования распределения ресурсов. Тем самым подтверждено, что возможно обеспечение технологического развития металлургического предприятия через реализацию портфеля проектов, сформированного по критериям импортонезависимости и стратегической значимости, с учетом рисков и прогнозной оценки результатов.

4) Предложен подход к реализации политики технологического суверенитета металлургических предприятий через формирование промышленных экосистем, основанный на скрининге участников, оценке их вклада в целевые показатели, определении ролей акторов, экспертной валидации, оценке рисков, принятии решения, реализации и последующем мониторинге интеграционного взаимодействия. Подход апробирован на примере сегмента нержавеющей проката, для которого снижение импортозависимости определено одной из ключевых задач развития черной металлургии. Установлено, что средняя доля импорта в потреблении нержавеющей стали за рассматриваемый период составляла около 70%, тогда как стратегический ориентир предполагает снижение доли импорта к 2030 г. до 28% и доведение доли российских компаний до 72%. Проведенная оценка показала, что объединение производителей сырья, проката, участников ломозаготовки, научных организаций, финансовых институтов и органов власти в промышленную экосистему способно оказать положительное влияние на достижение целевых параметров импортозамещения. При этом выявленные риски недостаточного финансирования, регуляторных изменений, рыночных шоков и технологических сбоев могут быть снижены за счет предложенных мер митигации. Полученный результат подтверждает, что формирование промышленных

экосистем является эффективным инструментом укрепления технологического суверенитета через синергетическое взаимодействие потенциалов и ресурсов участников экосистемной интеграции и реализацию совместных импортонезависимых проектов.

5) Сформирован алгоритм оценки технологического потенциала и прогнозирования технологического развития предприятия, а также сформирован организационно-экономический механизм развития металлургического предприятия в условиях укрепления технологического суверенитета. Алгоритм объединяет оценку текущего технологического потенциала, расчет влияния портфеля технологических проектов на его изменение и сценарное прогнозирование траекторий развития. Апробация алгоритма на данных 2024 г. показала, что интегральная оценка технологического потенциала предприятия составляет 0,404 по шкале от 0 до 1, что соответствует умеренному уровню при выраженной структурной неоднородности. Более устойчивые позиции зафиксированы по человеческому капиталу, производственной базе, цифровизации и автоматизации, тогда как наиболее слабые значения выявлены по блокам «Инновации и НИОКР» и «Технологический суверенитет». Оценка вклада проектов показала, что наибольший ожидаемый прирост технологического потенциала обеспечивает локализация литейного оборудования, далее следуют внедрение MES-системы на ключевых агрегатах и программа энергоэффективности. Построение сценарных траекторий на 2025-2030 гг. подтвердило применимость алгоритма для выявления технологических «узких мест», декомпозиции вклада отдельных проектов и сопоставления альтернативных вариантов развития.

Перспективами дальнейшего развития темы являются адаптация предложенного механизма для предприятий цветной металлургии и других отраслей, а также апробация его на международном уровне.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АО – акционерное общество;
- АПК – агропромышленный комплекс;
- АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;
- ВАК – Высшая аттестационная комиссия;
- ВВП – валовой внутренний продукт;
- ВТП – высокотехнологичная продукция;
- ВТБ – Банк ВТБ;
- ВТО – Всемирная торговая организация;
- ВШЭ – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»;
- ВЭБ.РФ – государственная корпорация развития «ВЭБ.РФ»;
- ВОИС – Всемирная организация интеллектуальной собственности;
- ДП – доменная печь;
- ЕАЭС – Евразийский экономический союз;
- ЕМИСС – Единая межведомственная информационно-статистическая система;
- ЕС – Европейский союз;
- ЗСМК – Западно-Сибирский металлургический комбинат;
- ИТ – информационные технологии;
- ИЦК – индустриальный центр компетенций;
- КИП – Кластерная инвестиционная платформа;
- КПЭ – ключевые показатели эффективности;
- МГТУ – Магнитогорский государственный технический университет;
- МИСИС – Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»;
- ММК – ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»;

- МСП – малое и среднее предпринимательство;
- МЭА – Международное энергетическое агентство;
- НДТ – наилучшие доступные технологии;
- НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- НЛМК – ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»;
- НПА – нормативные правовые акты;
- НТД – нормативно-техническая документация;
- НТР – научно-технологическое развитие;
- ОКВЭД2 – Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, редакция 2;
- ОКПД2 – Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности, редакция 2;
- ООН – Организация Объединенных Наций;
- ОС – операционная система;
- ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития;
- ПО – программное обеспечение;
- РЗМ – редкоземельные металлы;
- РНК – Русская Нержавеющая Компания;
- РНФ – Российский научный фонд;
- РФ – Российская Федерация;
- СУБД – система управления базами данных;
- США – Соединенные Штаты Америки;
- ТМК – Трубная металлургическая компания;
- ТН ВЭД ЕАЭС – Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза;
- ТЭК – топливно-энергетический комплекс;
- УПП – управление портфелем проектов;
- ФЗ – федеральный закон;
- ФРП – Фонд развития промышленности;

ХД НЖ трубы – холоднодеформированные нержавеющие трубы;

ЧЭМК – Челябинский электрометаллургический комбинат;

ЭДП – электродуговая печь;

APS – Advanced Planning and Scheduling, система расширенного планирования и диспетчеризации производства;

BF-BOF – Blast Furnace – Basic Oxygen Furnace, доменно-конвертерный маршрут производства стали;

BI – Business Intelligence, система бизнес-аналитики;

BIM – Building Information Modeling, информационное моделирование зданий и сооружений;

BIS – Bureau of Industry and Security, Бюро промышленности и безопасности США;

CAD – Computer-Aided Design, система автоматизированного проектирования;

CAM – Computer-Aided Manufacturing, автоматизированная подготовка и управление производством;

CAPEX – Capital Expenditure, капитальные затраты;

CBAM – Carbon Border Adjustment Mechanism, механизм пограничной углеродной корректировки;

CCPM – Critical Chain Project Management, управление проектами по методу критической цепи;

CCUS – Carbon Capture, Utilization and Storage, улавливание, использование и хранение углерода;

CHIPS and Science Act – закон США о стимулировании производства полупроводников и научных исследований;

CITP – интегральный индекс технологического потенциала предприятия;

CMMS – Computerized Maintenance Management System, система компьютеризированного управления техническим обслуживанием и ремонтом;

CO₂ – диоксид углерода;

- CO_{2e} – эквивалент диоксида углерода;
- COURSE50 – японская программа снижения выбросов CO₂ в металлургическом производстве;
- COVID-19 – коронавирусная инфекция 2019 года;
- CRM – Customer Relationship Management, система управления взаимоотношениями с клиентами;
- CVaR – Conditional Value at Risk, условная стоимость под риском;
- DRI – Direct Reduced Iron, железо прямого восстановления;
- DRI-EAF – Direct Reduced Iron – Electric Arc Furnace, технологический маршрут прямого восстановления железа с последующей плавкой в электродуговой печи;
- EAF – Electric Arc Furnace, электродуговая печь;
- EDW – Enterprise Data Warehouse, корпоративное хранилище данных;
- ERP – Enterprise Resource Planning, система управления ресурсами предприятия;
- ESG – Environmental, Social and Governance, экологические, социальные и управленческие факторы;
- ETS – Emissions Trading System, система торговли выбросами;
- ETO – Engineer-to-Order, инженерная разработка и производство под заказ;
- EU – European Union, Европейский союз;
- EU CBAM – механизм пограничной углеродной корректировки Европейского союза;
- EU ETS – система торговли выбросами Европейского союза;
- EVA – Economic Value Added, экономическая добавленная стоимость;
- FINEX – технология бескоксowego восстановления и плавки железа;
- GI Fund – Green Innovation Fund, Фонд зеленых инноваций;
- GQ – Governance Quality, качество управления;
- GX – Green Transformation, зеленая трансформация;
- H₂ – водород;

H₂-DRI – прямое восстановление железа с использованием водорода;

H₂-DRI-EAF – технологический маршрут водородного восстановления железа с последующей плавкой в электродуговой печи;

HR – Human Resources, управление персоналом / кадровый блок;

HS-6 – шестизначный код Гармонизированной системы описания и кодирования товаров;

HVA – High Value Added, высокая добавленная стоимость;

HYBRIT – Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology, шведский проект водородной металлургии;

HyREX – Hydrogen Reduction, технология водородного восстановления железа компании POSCO;

INPROМ – международная конференция «Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия X.0»;

IRR – Internal Rate of Return, внутренняя норма рентабельности;

ISO – International Organization for Standardization, Международная организация по стандартизации;

IT – Information Technology, информационные технологии;

ITS – Integral Technological Score, интегральная оценка технологического потенциала.

JC – Job Creation, создание рабочих мест;

JFE – JFE Steel Corporation, японская металлургическая компания;

KPI – Key Performance Indicators, ключевые показатели эффективности;

LCU – Local Content Usage, уровень локализации / использование локальных компонентов;

LKAB – Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, шведская горнодобывающая компания;

MES – Manufacturing Execution System, система оперативного управления производством;

MP – Market Potential, маркетинговый потенциал;

- MS Excel – Microsoft Excel, табличный процессор Microsoft Excel;
- NASA – National Aeronautics and Space Administration, Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США;
- NLMK – международное обозначение группы НЛМК / Novolipetsk Steel;
- NOPAT – Net Operating Profit After Taxes, чистая операционная прибыль после налогообложения;
- NPV – Net Present Value, чистый приведенный доход;
- OFAC – Office of Foreign Assets Control, Управление по контролю за иностранными активами Министерства финансов США;
- OPEX – Operating Expenditure, операционные затраты;
- PP – Payback Period, срок окупаемости;
- POSCO – южнокорейская металлургическая компания POSCO;
- НИОКР / R&D – Research and Development, исследования и разработки;
- RCP – Regulatory Compliance Plan, план регуляторного комплаенса;
- RDI – интенсивность НИОКР;
- RID – Reduction in Import Dependency, снижение импортозависимости;
- ROI – Return on Investment, возврат на инвестиции;
- SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных;
- SCM – Supply Chain Management, управление цепочками поставок;
- SI – Social Impact, воздействие на социальную среду; Strategic Importance, стратегическая важность;
- SSAB – шведская металлургическая компания SSAB;
- STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics, математические, естественно-научные, инженерные и технические направления;
- Super COURSE50 – развитие программы COURSE50;
- SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз;

TMS – Transportation Management System, система управления перевозками;

TOC – Theory of Constraints, теория ограничений;

TP – Technological Potential, интегральная оценка технологического потенциала предприятия;

TPM – Total Productive Maintenance, всеобщее производительное обслуживание оборудования;

TRL – Technology Readiness Level, уровень готовности технологии;

TRPL – Technology Project Readiness Level, уровень готовности технологического проекта;

UN Comtrade – United Nations Commodity Trade Statistics Database, база статистики международной торговли ООН;

WACC – Weighted Average Cost of Capital, средневзвешенная стоимость капитала;

WMS – Warehouse Management System, система управления складом;

WTO – World Trade Organization, Всемирная торговая организация;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные правовые акты и документы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.12.2023 № 2064 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202312070025> (дата обращения: 13.05.2026).
2. Федеральный закон от 12.07.2024 № 176-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2024. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202407120009> (дата обращения: 13.05.2026).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.02.2023 № 295 «О государственной поддержке организаций, реализующих инвестиционные проекты, направленные на производство приоритетной продукции». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202302270041> (дата обращения: 13.05.2026).
4. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2022. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203300001> (дата обращения: 13.05.2026).

5. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2024. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015> (дата обращения: 13.05.2026).

6. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.11.2023 № 1912 «О порядке перехода субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202311160056> (дата обращения: 13.05.2026).

7. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2016. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612010007> (дата обращения: 13.05.2026).

8. Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2024. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402280003> (дата обращения: 13.05.2026).

9. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 № 4260-р «О Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2022. – С. 1-83. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212300019> (дата обращения: 02.05.2023).

10. Федеральный закон от 28.12.2024 № 523-ФЗ «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2024. – С. 1-65. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412280025>.

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации „Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности“». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2014. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201404240003> (дата обращения: 13.05.2026).

12. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.05.2023 № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023. – С. 1-59. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202305250050>.

13. Приказ Росстата от 15.12.2017 № 832 «Об утверждении методики расчета показателей „Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте“ и „Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации“». – Текст: электронный. – Росстат. – 2017. – URL: https://rosstat.gov.ru/metod/metodika_832.pdf (дата обращения: 19.05.2025).

14. Приказ Минэкономразвития России от 27.03.2025 № 193 «Об утверждении методики расчета показателя „Комплексный индекс технологической независимости Российской Федерации“». – Текст: электронный. – Консультант-Плюс. – 2025. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_502247/ (дата обращения: 19.05.2025).

15. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2023 № 603 «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического

суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов». – Текст: электронный. – Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202304170025> (дата обращения: 13.05.2026).

16. Перечень приоритетной продукции (с учетом изменений по решению МВК от 27.02.2025): В целях реализации решения о порядке предоставления субсидии от 24.07.2024 № 24-64132-01596-Р, сформированного на базе постановления Правительства Российской Федерации от 22.02.2023 № 295. – Фонд развития промышленности. – 2025. – С. 1-6.

Международные акты

17. Council Regulation (EU) 2023/2878 of 18 December 2023 Amending Regulation (EU) No 833/2014 Concerning Restrictive Measures in View of Russia's Actions Destabilising the Situation in Ukraine. – Текст: электронный. – Official Journal of the European Union. – 2023. – URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2878/oj> (дата обращения: 13.05.2026).

18. Determination Pursuant to Section 1(a)(ii) of Executive Order 14071: Prohibition on Certain Information Technology and Software Services. – Текст: электронный. – U.S. Department of the Treasury, Office of Foreign Assets Control. – 2024. – URL: <https://ofac.treasury.gov/media/932951/download?inline=> (дата обращения: 13.05.2026).

19. European Parliament Resolution of 22 January 2026 on European Technological Sovereignty and Digital Infrastructure (2025/2007(INI)). – Текст:

электронный. – European Parliament. – 2026. – URL: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-10-2026-0022_EN.html (дата обращения: 13.05.2026).

20. Implementation of Additional Sanctions Against Russia and Belarus Under the Export Administration Regulations (EAR) and Refinements to Existing Controls: Federal Register public inspection document, 2024-13148. – Текст: электронный. – U.S. Department of Commerce, Bureau of Industry and Security. – 2024. – URL: <https://public-inspection.federalregister.gov/2024-13148.pdf> (дата обращения: 13.05.2026).

Научные статьи на русском языке

21. Абдикеев, Н.М. Импортозамещение в высокотехнологичных отраслях промышленности в условиях внешних санкций / Н.М. Абдикеев. – Текст: электронный // Management Sciences. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 53-69. – URL: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2022-12-3-53-69>.

22. Аксёнова, А.А. Оценка уровня экономической безопасности (на примере технологической безопасности) / А.А. Аксёнова, И.Г. Шиндикова. – Текст: электронный // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2020. – № 7 (49). – С. 5-12. – URL: <https://doi.org/10.47581/2020/10.23.PS85/IE/7/49.001>.

23. Алексеева, А.Н. Анализ проблем развития металлургических предприятий в условиях вызовов и рисков внешней среды / А.Н. Алексеева // Вестник Академии Знаний. – 2024. – № 4 (63). – С. 38-42.

24. Анисимов, А.Ю. Цифровизация бизнес-процессов металлургического предприятия как направление обеспечения устойчивого развития / А.Ю. Анисимов, М.А. Плахотникова, А.А. Грабский. – Текст: электронный // Вестник Сургутского государственного университета. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 6-15. – URL: <https://doi.org/10.35266/2949-3455-2023-4-1>.

25. Антипенко, А.А. Оценка показателей инновационного развития отраслей металлургической промышленности России / А.А. Антипенко. – Текст:

электронный // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2025. – Т. 23, № 1. – С. 5-15. – URL: [https://doi.org/10.24147/1812-3988.2025.23\(1\).5-15](https://doi.org/10.24147/1812-3988.2025.23(1).5-15).

26. Асташова, Е.А. Инновационный потенциал предприятия: сущность, содержание и методика оценки / Е.А. Асташова, Е.А. Погребцова, С.И. Дурнев. – Текст: электронный // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 925-940. – URL: <https://doi.org/10.18334/ce.16.3.114391>.

27. Афанасьев, А.А. «Технологический суверенитет» как научная категория в системе современного знания / А.А. Афанасьев. – Текст: электронный // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 9. – С. 2377-2394. – URL: <https://doi.org/10.18334/epp.12.9.116243>.

28. Афанасьев, А.А. Технологический суверенитет: сущность, цели и механизм достижения / А.А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 469-488.

29. Бабкин, А.В. Инструментарий оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе коэволюции и экосистемной синергии / А.В. Бабкин, П.А. Михайлов, Е.В. Шкарупета, Л. Чэнь // *π-Economy*. – 2025. – Т. 18, № 4. – С. 32-53.

30. Бажанов, В.А. Обработывающие производства России: санкции, импортозамещение / В.А. Бажанов, И.И. Орешко // «ЭКО». Всероссийский экономический журнал. – 2019. – № 1 (535). – С. 75-92.

31. Белле, Е.В. Кадровый дефицит как одна из причин риска невыполнения государственного оборонного заказа / Е.В. Белле. – Текст: электронный // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2025. – № 7, ч. 1. – С. 26-32. – URL: <https://doi.org/10.17513/vaael.4218>.

32. Буданов, И.А. Российская металлургия в новых условиях: задачи и поиск решения / И.А. Буданов. – Текст: электронный // Научные труды ИПП РАН. – 2025. – № 1. – С. 88-110. – URL: <https://doi.org/10.47711/2076-3182-2025-1-88-110>.

33. Великий, В.А. Импортозамещение нержавеющей стали как стратегический приоритет развития промышленности РФ / В.А. Великий, Н.В. Шмелева. – Текст: электронный // Проблемы и перспективы развития промышленности России : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, Москва, 20 апреля 2023 года / ред. А. В. Быстров. – Русайнс, 2023. – С. 43-49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54483134> (дата обращения: 13.05.2026).

34. Великий, В.А. Подход к оценке эффективности промышленной интеграции в условиях реализации политики импортонезависимости / В.А. Великий, Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 4 (54). – С. 95-100.

35. Великий, В.А. Формирование системы интегральных показателей, отражающих результативность промышленной политики технологического суверенитета / В.А. Великий, Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева. – Текст: электронный // Экономика высокотехнологичных производств. – 2025. – Т. 6, № 2. – С. 119-142. – URL: <https://doi.org/10.18334/evp.6.2.123383>.

36. Великий, В.А. Формирование системы критериев оценки технологических проектов в условиях ограничительных санкций / В.А. Великий, Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева, А.В. Митенков. – Текст: электронный // Экономика высокотехнологичных производств. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 147-164. – URL: <https://doi.org/10.18334/evp.5.2.121340>.

37. Волков, А.Т. Обеспечение технологической независимости компаний нефтегазовой отрасли с использованием патентной аналитики на примере компаний-производителей сжиженного природного газа / А.Т. Волков, Р.Е. Шепелев. – Текст: электронный // Вестник университета. – 2023. – № 9. – С. 113-122. – URL: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-9-113-122>.

38. Гамидуллаева, Л.А. Методика комплексной оценки потенциала промышленной экосистемы в контексте устойчивого развития региона / Л.А. Гамидуллаева, Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева. – Текст: электронный // Модели, системы,

сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 2 (34). – С. 29-48. – URL: <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2020-2-3>.

39. Гамидуллаева, Л.А. Эколого-технологические проекты как инструмент промышленной политики в условиях Индустрии 5.0 / Л.А. Гамидуллаева, Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2024. – Т. 1, № 1. – С. 24-37.

40. Герасимов, К.Б. Анализ и прогнозирование показателей инновационной деятельности в отраслях Российской Федерации / К.Б. Герасимов // Beneficium. – 2025. – № 4 (57). – С. 27-36.

41. Глазунова, В.В. Измерение технологического развития и суверенитета / В.В. Глазунова. – Текст: электронный // Экономика науки. – 2024. – Т. 10, № 3. – С. 22-33. – URL: <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2024-10-3-22-33>.

42. Готовский, А.В. Вклад импортозамещения в экономический рост России / А.В. Готовский. – Текст: электронный // Вопросы экономики. – 2021. – № 4. – С. 58-78. – URL: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2021-4-58-78>.

43. Девятко, В.А. Анализ российского опыта интеллектуализации промышленности (на примере металлургической отрасли) / В.А. Девятко, С.А. Горшенев, Е.С. Якушова. – Текст: электронный // Региональная и отраслевая экономика. – 2026. – № 2. – С. 62-70. – URL: <https://doi.org/10.47576/2949-1916.2026.2.2.007>.

44. Долинская, А.Ю. Методика оценки инновационного потенциала предприятия на основе интегрированного показателя / А.Ю. Долинская. – Текст: электронный // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19, № 5. – С. 1723-1738. – URL: <https://doi.org/10.18334/rp.19.5.39061>.

45. Евсеева, М.В. Управление портфелем проектов и программ: современные требования / М.В. Евсеева. – Текст: электронный // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 165-171. – URL: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2019-19-2-165-171>.

46. Ерёмченко, О.А. Измерение уровня технологического суверенитета в зарубежных странах: опыт Европейского союза / О.А. Ерёмченко, Н.Г. Куракова // Экономика науки. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 47-60.

47. Захарова, Е.В. Оценка инновационного потенциала предприятия с учетом цифровизации экономики / Е.В. Захарова, О.И. Митякова. – Текст: электронный // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 1653-1666. – URL: <https://doi.org/10.18334/vines.10.3.110601>.

48. Иванов, Н.А. Роль угля в мировом энергопереходе / Н.А. Иванов, А.Е. Сарычев, И.А. Стоянова. – Текст: электронный // Горная промышленность. – 2023. – № 4/2023. – С. 102-108. – URL: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-4-102-108>.

49. Исмагилова, Г.В. Решение проблемы кадрового голода на металлургическом предприятии / Г.В. Исмагилова, Е.В. Лысенко. – Текст: электронный // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. – 2024. – Т. 13, № 4. – С. 49-56. – URL: <https://doi.org/10.12737/2305-7807-2024-13-4-49-56>.

50. Казанцев, А.К. Инновационные способности российских компаний: измерение и управление развитием / А.К. Казанцев, А.В. Логачева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. – 2014. – № 4. – С. 3-26.

51. Капогузов, Е.А. От импортозамещения к технологическому суверенитету: содержание дискурса и возможности нарративного анализа / Е.А. Капогузов, М.Ю. Шерешева. – Текст: электронный // Terra Economicus. – 2024. – Т. 22, № 3. – С. 128-142. – URL: <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2024-22-3-128-142>.

52. Кармина, Р.Л. Оценка технологической зависимости в российской и зарубежной практике / Р.Л. Кармина, О.В. Черченко, О.А. Ерёмченко, Н.Г. Куракова, И.Н. Чернова. – Текст: электронный // Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2024. – Т. 54, № 4 (598). – С. 158-182. – URL: <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-4-158-182>.

53. Карпухина, Н.Н. Оценка готовности промышленного предприятия к цифровой трансформации проектного управления инновационной деятельности

/ Н.Н. Карпухина, Е.С. Митяков, В.И. Шостко, В.В. Латыпов. – Текст: электронный // The Applied Economic Researches Journal. – 2025. – № 4. – С. 168-178. – URL: <https://doi.org/10.47576/2949-1908.2025.4.4.020>.

54. Квинт, В.Л. Стратегирование технологического суверенитета национальной экономики / В.Л. Квинт, И.В. Новикова, М.К. Алимуратов, Н.И. Сасаев // Управленческое консультирование. – 2022. – № 9 (165). – С. 57-67.

55. Клейнер, Г.Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее / Г.Б. Клейнер // Экономическое возрождение России. – 2018. – № 2 (56). – С. 53-62.

56. Козлова, Е.И. Цифровая трансформация в производстве стали: вектор движения / Е.И. Козлова, Е.В. Богомолова. – Текст: электронный // Вестник Челябинского государственного университета. – 2025. – № 7 (501). – С. 150-157. – URL: <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2025-501-7-150-157>.

57. Кокуйцева, Т.В. Методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности / Т.В. Кокуйцева, О.П. Овчинникова. – Текст: электронный // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 6. – С. 2413-2430. – URL: <https://doi.org/10.18334/ce.15.6.112192>.

58. Кононов, В.А. Проблема импортозамещения в металлургии и огнеупорной отрасли / В.А. Кононов. – Текст: электронный // Новые огнеупоры. – 2023. – № 1. – С. 58-63. – URL: <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2023-1-52-63>.

59. Константинов, И.Б. Технологический суверенитет как стратегия будущего развития российской экономики / И.Б. Константинов, Е.П. Константинова // Вестник Поволжского института управления. – 2022. – Т. 22, № 5. – С. 12-22.

60. Костюхин, Ю.Ю. Стратегическое управление российской металлургией в условиях вызовов и рисков / Ю.Ю. Костюхин. – Текст: электронный // Управленческие науки / Management Sciences. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 21-32. – URL: <https://doi.org/10.26794/2304-022X-2022-12-2-21-32>.

61. Кранов, С.Е. Методы оценки инновационного потенциала предприятия / С.Е. Кранов // ЭКОНОМИНФО. – 2023. – № 2. – С. 41-50.
62. Культин, Н.Б. Модели и инструменты управления портфелем технологий предприятия / Н.Б. Культин, А.В. Сурина. – Текст: электронный // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXVII Международной научно-практической конференции, 13–14 октября 2023 года. Ч. 2. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 322-329. – URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/id24-180.pdf/info> (дата обращения: 15.09.2026).
63. Лашманова, Ю.Ю. Система показателей оценки производственного блока производственного потенциала предприятия / Ю.Ю. Лашманова. – Текст: электронный // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18, № 7. – С. 1105-1126. – URL: <https://doi.org/10.18334/rp.18.7.37691>.
64. Лившиц, В.Н. Оценка эффективности инвестиционных проектов в различных условиях / В.Н. Лившиц, И.А. Миронова, А.Н. Швецов // Экономика промышленности/Russian Journal of Industrial Economics. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 29-43.
65. Махотаева, М.Ю. Оценка эффективности достижения технологического суверенитета / М.Ю. Махотаева, М.А. Николаев. – Текст: электронный // *π-Economy*. – 2025. – Т. 18, № 3. – С. 69-81. – URL: <https://doi.org/10.18721/JE.18304>.
66. Молчан, А.С. Принципы формирования и развития экосистем и их влияние на стратегию промышленного менеджмента / А.С. Молчан, Т.О. Толстых, А.Ю. Надаенко // Экономика устойчивого развития. – 2020. – № 1 (41). – С. 124-128.
67. Мысаченко, В.И. Цифровая трансформация высокотехнологичных металлургических компаний / В.И. Мысаченко, Н.В. Санин // Вестник Национального института бизнеса. – 2024. – № 54. – С. 260-266.
68. Назаров, А.В. Проектное управление в инновационной деятельности промышленных предприятий / А.В. Назаров, А.С. Шурупов // Вестник Академии права и управления. – 2023. – № 3 (73). – С. 136-141.

69. Ноговицын, М.А. Отраслевой аспект формирования модели цифровой трансформации экономической системы в условиях глобальных вызовов (на примере отрасли черной металлургии) / М.А. Ноговицын // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 12. – С. 242-248.

70. Павлов, В.А. Цифровизация производственных процессов на металлургических предприятиях Российской Федерации / В.А. Павлов // Прогрессивная экономика. – 2023. – № 5. – С. 64-75.

71. Паредес-Леон, Ф. Влияние трансфера технологий на развитие предпринимательского потенциала / Ф. Паредес-Леон, М. Родригес-Сальвадор, П.Ф. Кастильо-Вальдес. – Текст: электронный // Форсайт. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 80-87. – URL: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2023.1.80.87>.

72. Петров, А.Н. Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий / А.Н. Петров, А.В. Сартори, А.В. Филимонов // Экономика науки. – 2016. – Т. 2, № 4. – С. 244-260.

73. Потапцева, Е.В. Доказательная промышленная политика технологического суверенитета: сущность и содержание / Е.В. Потапцева // Вестник экономики, права и социологии. – 2025. – № 1. – С. 98-103.

74. Потапцева, Е.В. Концепция технологического суверенитета в современной государственной политике России / Е.В. Потапцева, В.В. Акбердина, А.О. Пономарева. – Текст: электронный // AlterEconomics. – 2024. – Т. 21, № 4. – С. 818-842. – URL: <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2024.21-4.9>.

75. Потапцева, Е.В. Технологический суверенитет: понятие, содержание и формы реализации / Е.В. Потапцева, В.В. Акбердина. – Текст: электронный // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 5-16. – URL: <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2023.3.1>.

76. Приходько, И.И. Теоретические аспекты концепции технологического суверенитета / И.И. Приходько // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 88-96.

77. Прохорова, И.С. Цифровая зрелость металлургической отрасли России: драйверы и проблемы роста в новых геополитических условиях. Часть I. Оценки инновационного потенциала цифровой трансформации / И.С. Прохорова, В.С. Устинов, А.В. Елхова. – Текст: электронный // Вестник университета. – 2023. – № 11. – С. 61-69. – URL: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-11-61-69>.

78. Прохорова, И.С. Цифровая зрелость металлургической отрасли России: драйверы и проблемы роста в новых геополитических условиях. Часть II. Ключевые направления цифровой трансформации / И.С. Прохорова, В.С. Устинов, А.В. Елхова. – Текст: электронный // Вестник университета. – 2023. – № 12. – С. 44-52. – URL: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-12-44-52>.

79. Романова, О.А. Стратегический вектор развития металлургии России в условиях новой реальности / О.А. Романова, Д.В. Сиротин. – Текст: электронный // Известия Уральского государственного горного университета. – 2022. – № 3 (67). – С. 133-145. – URL: <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2022-3-133-145>.

80. Самарина, В.П. Перспективы развития российской металлургии в условиях новых экономических вызовов геополитического генезиса / В.П. Самарина, Е.А. Склярова, А.П. Жилинкова. – Текст: электронный // Фундаментальные исследования (Fundamental research). – 2023. – № 3. – С. 17-22. – URL: <https://doi.org/10.17513/fr.43437>.

81. Сафонова, Ю.Р. Государственная политика и институциональные основы технологического суверенитета России в контексте внешнеэкономических ограничений / Ю.Р. Сафонова // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 8. – С. 234-247.

82. Сидорова, Е.Ю. «Зеленые» налоги в российской металлургии / Е.Ю. Сидорова, Ю.Ю. Костюхин. – Текст: электронный // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2025. – Т. 81, № 4. – С. 43-53. – URL: <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2025-4-43-53>.

83. Симченко (Чазова), О.Л. Отбор оптимального портфеля проектов развития и повышения эффективности предприятий топливно-энергетического

комплекса в условиях современных вызовов / О.Л. Симченко (Чазова), А.Д. Калугин, А.В. Тимофеев. – Текст: электронный // Бизнес. Образование. Право. – 2025. – № 1 (70). – С. 87-93. – URL: <https://doi.org/10.25683/VOLBI.2025.70.1218>.

84. Смородинская, Н.В. Курс на технологический суверенитет: новый глобальный тренд и российская специфика / Н.В. Смородинская, Д.Д. Катуков. – Текст: электронный // Балтийский регион. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 108-135. – URL: <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2024-3-6>.

85. Стрижакова, Е.Н. Цифровое развитие предприятия: диагностика и оценка / Е.Н. Стрижакова, Д.В. Стрижаков // Экономика науки. – 2024. – Т. 10, № 2. – С. 30-47.

86. Счисляева, Е.Р. Управление портфелем проектов - инновационный подход к повышению эффективности судостроительной промышленности / Е.Р. Счисляева, Е.В. Кожина, К.И. Сергеева // Экономический вектор. – 2022. – № 3 (30). – С. 89-98.

87. Тертышник, М.И. Система показателей оценки производственного потенциала предприятия / М.И. Тертышник // Baikal Research Journal. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 10.

88. Тюкавкин, Н.М. Процессы импортозамещения в промышленности России: теоретические и практические аспекты / Н.М. Тюкавкин, В.Ю. Анисимова // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 43-57.

89. Федюнина, А.А. Технологический суверенитет в развитии цифровой экономики России: импорт цифровых товаров в период санкций / А.А. Федюнина, Ю.В. Симачев. – Текст: электронный // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2025. – № 2 (67). – С. 244-254. – URL: https://doi.org/10.31737/22212264_2025_2_244-254.

90. Фролов, И.Э. К вопросу о прогнозировании высокотехнологичных производств в современных условиях: теоретико-методологические аспекты /

И.Э. Фролов, А.А. Тресорук // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2022. – № 20. – С. 7-40.

91. Цедилин, Л.И. Сравнительный анализ моделей импортозамещения в технологической сфере / Л.И. Цедилин // AlterEconomics. – 2025. – Т. 22, № 4. – С. 737-752.

92. Черноусов, Д.А. Технологический суверенитет как стратегический приоритет развития России: анализ и перспективы / Д.А. Черноусов. – Текст: электронный // Вопросы инновационной экономики. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 39-56. – URL: <https://doi.org/10.18334/vinec.15.1.122564>.

93. Шабалтина, Л.В. Классификация методов оценки цифровой зрелости / Л.В. Шабалтина // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 10. – С. 4257-4280.

94. Шацкая, И.В. Стратегические аспекты повышения эффективности хозяйственной деятельности промышленных предприятий / И.В. Шацкая, Е.И. Данилина // Экономика промышленности / Russian Journal of Industrial Economics. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 215-222.

95. Шкодинский, С.В. Влияние санкций на технологический суверенитет России / С.В. Шкодинский, А.М. Кушнир, И.А. Продченко. – Текст: электронный // Проблемы рыночной экономики. – 2022. – № 2. – С. 75-96. – URL: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-2-75-96>.

96. Шмелева, Н.В. Методические подходы к оценке ресурсной эффективности промышленных экосистем / Н.В. Шмелева. – Текст: электронный // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2023. – № 1 (45). – С. 70-84. – URL: <https://doi.org/10.21685/2227-8486-2023-1-4>.

97. Юревич, М.А. Технологический суверенитет России: понятие, измерение, возможность достижения / М.А. Юревич. – Текст: электронный // Вопросы теоретической экономики. – 2023. – № 4 (21). – С. 7-21. – URL: https://doi.org/10.52342/2587-7666VTE_2023_4_7_21.

98. Яшалова, Н.Н. Влияние цифровой трансформации на развитие новых форм взаимодействия бизнеса и общества / Н.Н. Яшалова, Е.В. Потравная, Н.А. Ненастьев. – Текст: электронный // Научно-техническая информация. Серия 1: Организация и методика информационной работы. – 2025. – № 8. – С. 1-8. – URL: <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2025-08-1>.

Электронные источники на русском языке

99. Артемов, М. Мишустин назвал достижение технологического суверенитета одной из ключевых задач. – Парламентская газета. – 26.03.2025. – URL: <https://www.pnp.ru/politics/mishustin-nazval-dostizhenie-tekhnologicheskogo-suvereniteta-odnoy-iz-klyuchevykh-zadach.html> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

100. Ассоциация производителей нержавеющей стали «Спецсталь» USSA.SU. – URL: <https://ussa.su/> (дата обращения: 14.08.2024). – Текст: электронный.

101. Взгляд на восток: как российские металлурги решают проблему поставок оборудования. – СберПро | Медиа. – URL: <https://sber.pro/publication/vzglyad-na-vostok-kak-rossiiskie-metallurgi-reshayut-problemu-postavok-oborudovaniya/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

102. Выплавка стали в России в 2024 г. снизилась на 6,6% к прошлому году. – URL: <https://ac.thermet.net/news/tpost/p8md56edc1-viplavka-stali-v-rossii-v-2024-g-snizila> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

103. Годовые отчеты Группы НЛМК. – URL: <https://nlmk.com/ru/ir/results/annual-reports/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

104. Государственная информационная система промышленности. Специальный инвестиционный контракт (СПИК 2.0). – Государственная информационная система промышленности. – URL:

<https://gispr.gov.ru/nmp/measure/10511015> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

105. Инвестиционная активность промышленных предприятий России в 2018 году / НИУ ВШЭ, Институт статистических исследований и экономики знаний. – Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2019. – URL: https://issek.hse.ru/data/2019/03/21/1185187659/investment_activity_Russia_2018.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

106. Инвесторам ПАО ММК. – ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». – URL: <https://mmk.ru/ru/investor/> (дата обращения: 02.05.2023). – Текст: электронный.

107. Контур. Импортозамещение ПО в России. – Контур. – 16.05.2024. – URL: https://kontur.ru/talk/spravka/51205-importozameshchenie_po_v_rossii (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

108. Корпорация МСП. Программы «выращивания». – Корпорация МСП. – URL: <https://corpmsp.ru/to-business/sales/programmy-vyrashchivaniya-postavshchikov/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

109. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Нержавеющая сталь и российский рынок. – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. – 10.04.2025. – URL: <https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/5011b794-d5f4-44f4-9954-846e8f28dbed> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

110. Министерство экономического развития Российской Федерации. 31 проект поддержан по программе «дорастивания» поставщиков корпораций в 2025 году на сумму 4,2 млрд рублей. – Министерство экономического развития Российской Федерации. – 12.12.2025. – URL: https://economy.gov.ru/material/news/31_proekt_podderzhan_po_programme_dorashchivaniya_postavshchikov_korporaciy_v_2025_godu_na_summu_42_mlrd_rubley.html (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

111. Нестеренко, А.В. На пути к технологическому суверенитету: патентная активность России в 2015–2022 гг. – URL: <https://issek.hse.ru/news/820285722.html> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

112. Общероссийские классификаторы, закрепленные за Минэкономразвития России. – Министерство экономического развития Российской Федерации. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d18/obshcherossiyskie_klassifikatory_zakreplennye_za_minekonomrazvitiya_rossii/ (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

113. Отчет об устойчивом развитии 2024 / ЕВРАЗ. – ЕВРАЗ, 2025. – URL: https://www.evraz.com/upload/iblock/6be/6ppddaryejmz6u3g0n8jzzh74ehcr3s/EVR_AZ_Sustainability_report_2024.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

114. ПАО «МЕЧЕЛ» Финансовая отчетность. – URL: <https://www.edisclosure.ru/portal/files.aspx?id=1942&type=3> (дата обращения: 15.08.2024). – Текст: электронный.

115. Перспективы коммерциализации российской стали / Н. Натрусов, Е. Беспятов, С. Мангилева, М. Анжеуров. – Яков и Партнёры. – URL: https://yakovpartners.ru/upload/iblock/3bf/mdxfsz3gmbdw2yv045fmkcnhohz7v586/Perspektivy_kommertsializatsii_rossiyskoy_stali.pdf (дата обращения: 12.03.2025). – Текст: электронный.

116. Правительство Российской Федерации. Михаил Мишустин принял участие в VIII конференции «Цифровая индустрия промышленной России». – Правительство Российской Федерации. – 01.06.2023. – URL: <https://government.ru/news/48625/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

117. РБК. Росстат зафиксировал рекордно низкий за восемь лет износ активов бизнеса. – РБК. – 24.08.2023. – URL:

<https://www.rbc.ru/economics/24/08/2023/64e5f59a9a79479b17fb4317> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

118. Ресурс БФО. Отчетность АО «ВМЗ „КО“». – URL: <https://bo.nalog.ru/organizations-card/8029128#financialResult> (дата обращения: 15.08.2024). – Текст: электронный.

119. Российский рынок АСУ ТП вырос в 2024 году на 49,7% до 124 млрд руб. Доля российских продуктов – 25-27%. – URL: <https://ultimatec.ru/news/rossiyskiy-rynok-asu-tp-vyros-v-2024-godu-na-49-7-do-124-mlrd-rub-dolya-rossiyskikh-produktov-25-27-/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

120. Росстат — Наука, инновации и технологии. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

121. Росстат. Социальная политика. Раздел 11.7. Выпуск бакалавров, специалистов, магистров по направлениям подготовки. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/2024/04-05/vdPxwKPi/Soc_pol_2023/Soc_pol_11_2023.xlsx (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

122. Спрос на сталь в России в первом полугодии снизился на 15%. – Ведомости. – 21.07.2025. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2025/07/21/1125680-spros-na-stal> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

123. Устинова, А. Некоторые компании не перешли на отечественные системы управления предприятиями. – Ведомости. – 03.10.2024. – URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2024/10/03/1066162-nekotorie-kompanii-ne-pereshli-na-otechestvennie-sistemi-upravleniya> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

124. Федеральная таможенная служба. – 05.05.2023. – URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 05.05.2023). – Текст: электронный.

125. Фонд развития промышленности. В 2024 году ФРП профинансирует более 240 промышленных проектов на общую сумму порядка 120 млрд рублей. – Фонд развития промышленности. – URL: <https://frprf.ru/press-tsentr/novosti/v-2024-godu-frp-profinansiruet-bolee-240-promyshlennykh-proektov-na-obshchuyu-summu-poryadka-120-mlr/> (дата обращения: 14.09.2026). – Текст: электронный.

126. Фонд развития промышленности. Глава Минпромторга отметил высокий уровень инвеститивности в промышленности РФ. – Фонд финансирования промышленности и предпринимательства. – 17.02.2026. – URL: <https://fond73.ru/o-nas/novosti/2270-glava-minpromtorga-otmetil-vysokij-uroven-investaktivnosti-v-promyshlennosti-rf.html> (дата обращения: 14.09.2026). – Текст: электронный.

127. Фонд развития промышленности. Специальный инвестиционный контракт (СПИК). – Фонд развития промышленности. – URL: https://frprf.ru/navigator-gospodderzhky/spik_main/ (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

128. Фонд развития промышленности. ФРП в 2022 году профинансировал 256 промышленных проектов на общую сумму 140 млрд рублей. – Фонд развития промышленности. – URL: <https://frprf.ru/press-tsentr/novosti/frp-v-2022-godu-profinansiroval-256-promyshlennykh-proektov-na-obshchuyu-summu-140-mlrd-rublej/> (дата обращения: 14.09.2026). – Текст: электронный.

129. Фонд развития промышленности. ФРП в 2024 году начал финансирование 283 новых проектов промышленных предприятий. – Фонд развития промышленности. – 23.01.2025. – URL: <https://frprf.ru/press-tsentr/novosti/frp-v-2024-godu-nachal-finansirovanie-283-novykh-proektov-promyshlennykh-predpriyatiy/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

130. Фонд развития промышленности. ФРП с 2025 года профинансировал более 300 новых промышленных проектов. – Фонд развития промышленности. – URL: <https://frprf.ru/press-tsentr/novosti/frp-s-2025-goda-profinansiroval-bolee-300-novykh-promyshlennykh-proektov/> (дата обращения: 14.09.2026). – Текст: электронный.

131. CNews. «Северсталь» рассказала о новых ИТ-проектах. – CNews. – 22.05.2024. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-05-22_severstal_rasskazala (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

Источники на иностранном языке

132. Adner, R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem / R. Adner // Harvard Business Review. – 2006. – Vol. 84, Iss. 4. – P. 98.

133. Algers, J., Åhman, M., Nilsson, L.J. Steel Decarbonization—from Optimization to Transformation / J. Algers, M. Åhman, L.J. Nilsson. – Текст: электронный // Annual Review of Environment and Resources. – 2025. – Vol. 50. – P. 433-454. – URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-111523-101851>.

134. Aliyev, A.G. Some methodological problems of improving the effectiveness of the management of innovative enterprises / A.G. Aliyev. – Текст: электронный // Management Dynamics in the Knowledge Economy. – 2020. – Vol. 8, Iss. 2. – P. 175-192. – URL: <https://doi.org/10.2478/mdke-2020-0012>.

135. ArcelorMittal Europe. ArcelorMittal Starts the Construction of an Electric Arc Furnace at Its Gijón Plant. – ArcelorMittal Europe. – 2024. – URL: <https://europe.arcelormittal.com/newsandmedia/pressreleases/press-2024/EAF-Gijon-plant> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

136. ArcelorMittal. XCarb Innovation Fund. – ArcelorMittal. – URL: <https://corporate.arcelormittal.com/sustainability/climate/xcarb> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

137. Archer, N.P., Ghasemzadeh, F. An integrated framework for project portfolio selection / N.P. Archer, F. Ghasemzadeh. – Текст: электронный // International

Journal of Project Management. – 1999. – Vol. 17, Iss. 4. – P. 207-216. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00032-5).

138. Arratia-Martinez, N.M., Hernandez-Gonzalez, N.M., Lopez-Irarragorri, F. Project Portfolio Selection and Scheduling with Resource Allocation, Synergies, and Project Divisibility / N.M. Arratia-Martinez, N.M. Hernandez-Gonzalez, F. Lopez-Irarragorri. – Текст: электронный // Mathematical Problems in Engineering. – 2021. – Vol. 2021, Iss. 1. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2021/4163287> (дата обращения: 05.11.2025).

139. Autio, E., Thomas, L.D.W. Innovation Ecosystems: Implications for Innovation Management? / E. Autio, L.D.W. Thomas. – Текст: электронный // The Oxford Handbook of Innovation Management / ed. M. Dodgson, D.M. Gann, N. Phillips. – Oxford: Oxford University Press, 2014. – P. 204-228. – URL: https://www.google.com/books?hl=ru&lr=&id=ZBJwAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA204&dq=Autio+%26+Thomas,+2014&ots=DvvecH1tvh&sig=xYJDG-Giue__n9Y_wscE7ZloUDxY (дата обращения: 14.08.2024).

140. Bonnefous, B. En Suède, la première aciérie décarbonée d'Europe sort de terre, suscitant espoir et doutes. – Le Monde. – 19.06.2025. – URL: https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/06/19/en-suede-la-premiere-acierie-decarbonee-d-europe-sort-de-terre-suscitant-espoir-et-doutes_6614310_3234.html (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

141. Brunelli, M., Corrente, S. Modeling criteria and project interactions in portfolio decision analysis with the Choquet integral / M. Brunelli, S. Corrente. – Текст: электронный // Omega. – 2024. – Vol. 126. – P. 103076. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103076>.

142. Bruno, I., Lobo, G., Covino, B.V.[et al.]. Technology readiness revisited: a proposal for extending the scope of impact assessment of European public services / I. Bruno, G. Lobo, B.V. Covino[et al.]. – Текст: электронный // Proceedings of the 13th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance. –

Athens Greece: ACM, 2020. – P. 369-380. – URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3428502.3428552> (дата обращения: 26.06.2024).

143. Bulatova, E., Amirova, E. Financial impact of digital technologies as a promising element of import substitution / E. Bulatova, E. Amirova. – Текст: электронный // International Journal of Financial Research. – 2020. – Vol. 11, Iss. 5. – P. 392-398. – URL: <https://doi.org/10.5430/ijfr.v11n5p392>.

144. Carbon Border Adjustment Mechanism. – Taxation and Customs Union. – URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

145. Castro, J.G., Tito, E.A., Brandão, L.E. Optimization of a Portfolio of Investment Projects: A Real Options Approach Using the Omega Measure / J.G. Castro, E.A. Tito, L.E. Brandão. – Текст: электронный // Journal of Risk and Financial Management. – 2021. – Vol. 14, Iss. 11. – P. 530. – URL: <https://doi.org/10.3390/jrfm14110530>.

146. Chernova, V.Yu., Kheyfets, B.A. Import substitution in high-tech industries of the agro-industrial complex in Russia / V.Yu. Chernova, B.A. Kheyfets. – Текст: электронный // WSEAS Transactions on Business and Economics. – 2020. – Vol. 17, Iss. 10. – P. 85-92. – URL: <https://doi.org/10.37394/23207.2020.17.10>.

147. China officially expands national ETS to cement, steel and aluminum sectors. – International Carbon Action Partnership. – 10.04.2025. – URL: <https://icapcarbonaction.com/en/news/china-officially-expands-national-ets-cement-steel-and-aluminum-sectors> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

148. China plans to promote circular economy. – 07.07.2021. – URL: https://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202107/07/content_WS60e59652c6d0df57f98dc8be.html (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

149. Chips for America. – NIST. – URL: <https://www.nist.gov/chips> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

150. Climate change and the production of iron and steel - 2025. – worldsteel.org. – URL: <https://worldsteel.org/climate-action/climate-change-and-the-production-of-iron-and-steel/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

151. CSET Analyses of China's Technology Policies and Ecosystem / O.J. Daniels. – Center for Security and Emerging Technology, 2023. – P. 1-29. – URL: https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/20230035_The-PRCs-Domestic-Approach.pdf (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

152. Cunningham, J.A., Menter, M., Young, C. A review of qualitative case methods trends and themes used in technology transfer research / J.A. Cunningham, M. Menter, C. Young. – Текст: электронный // The Journal of Technology Transfer. – 2017. – Vol. 42, Iss. 4. – P. 923-956. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9491-6>.

153. da Ponte, A., Leon, G., Alvarez, I. Technological sovereignty of the EU in advanced 5G mobile communications: An empirical approach / A. da Ponte, G. Leon, I. Alvarez. – Текст: электронный // Telecommunications Policy. – 2023. – Vol. 47, Iss. 1. – P. 102459. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102459>.

154. de Assis Dornelles, J., Ayala, N.F., Frank, A.G. Smart Working in Industry 4.0: How digital technologies enhance manufacturing workers' activities / J. de Assis Dornelles, N.F. Ayala, A.G. Frank. – Текст: электронный // Computers & Industrial Engineering. – 2022. – Vol. 163. – P. 107804. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107804>.

155. Decarbonization Roadmap. – POSCO ESG. – URL: <https://sustainability.posco.co.kr/S91/S91F10/eng/cmspage.do?mmcd=1750728562003749> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

156. Dixit, V., Tiwari, M.K. Project portfolio selection and scheduling optimization based on risk measure: a conditional value at risk approach / V. Dixit, M.K. Tiwari // Annals of Operations Research. – 2020. – Vol. 285, Iss. 1. – P. 9-33.

157. Edler, J., Blind, K., Kroll, H.[et al.]. Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means / J. Edler, K.

Blind, H. Kroll, T. Schubert. – Текст: электронный // Research Policy. – 2023. – Vol. 52, Iss. 6. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733323000495> (дата обращения: 12.12.2025).

158. European Parliament. European Technological Sovereignty and Digital Infrastructure. – Legislative Observatory. – 22.01.2026. – URL: <https://oeil.europarl.europa.eu/oeil/en/document-summary?id=1884418> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

159. Fitz-Oliveira, M., Tello-Gamarra, J. Technological capability and firm performance: a literature review with meta-analysis of studies into manufacturing firms / M. Fitz-Oliveira, J. Tello-Gamarra. – Текст: электронный // Journal of Manufacturing Technology Management. – 2024. – Vol. 35, Iss. 4. – P. 744-765. – URL: <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2022-0089>.

160. Fossil-free steel production ready to scale up. – Vattenfall. – URL: <https://group.vattenfall.com/press-and-media/newsroom/2025/fossil-free-steel-production-ready-to-scale-up/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

161. Frequently Asked Questions on Restrictions on Software Concerning Sanctions Adopted Following Russia's Military Aggression Against Ukraine: FAQ / European Commission. – Brussels: European Commission, 2024. – URL: https://finance.ec.europa.eu/system/files/2024-02/faqs-sanctions-russia-software_en%2C.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

162. Gupta, N., Park, H., Phaal, R. The portfolio planning, implementing, and governing process: An inductive approach / N. Gupta, H. Park, R. Phaal. – Текст: электронный // Technological Forecasting and Social Change. – 2022. – Vol. 180. – P. 121652. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121652>.

163. H2 Green Steel raises more than €4 billion in debt financing for the world's first large-scale green steel plant. – 22.01.2024. – URL: <https://ste-gra.com/en/news-and-stories/h2-green-steel-raises-more-than-4-billion-in-debt-financing-for-the-worlds-first-large-scale-green-steel-plant> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

164. Héder, M. From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation / M. Héder // The Innovation Journal. – 2017. – Vol. 22, Iss. 2. – P. 1-23.
165. Hybrit. – URL: <https://www.hybritdevelopment.se/en/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.
166. Integrated Report & Annual Accounts 2024–25 / Tata Steel. – Tata Steel, 2025. – URL: <https://www.tatasteel.com/media/23971/ir-fy2024-25.pdf> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.
167. Invention, Knowledge Transfer, and Innovation. – NSF - National Science Foundation. – URL: <https://ncses.nsf.gov/pubs/nsb20241/invention-indicators-protecting-useful-ideas> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.
168. Iron and Steel Technology Roadmap: Towards More Sustainable Steelmaking / International Energy Agency. – Paris: International Energy Agency, 2020. – URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/10/iron-and-steel-technology-roadmap_040b14d5/3dcc2a1b-en.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.
169. Kalygina, V.V. International technology transfer as an effective tool of export-oriented import substitution in Russia / V.V. Kalygina. – Текст: электронный // RUDN Journal of Economics. – 2022. – Vol. 30, Iss. 2. – P. 231-241. – URL: <https://doi.org/10.22363/2313-2329-2022-30-2-231-241>.
170. Kazmi, B., Taqvi, S.A.A., Juchelková, D. State-of-the-art review on the steel decarbonization technologies based on process system engineering perspective / B. Kazmi, S.A.A. Taqvi, D. Juchelková. – Текст: электронный // Fuel. – 2023. – Vol. 347. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236123010724?casa_token=HIVvWajdTm-cAAAAA:LP1Yc8Rc60rFO_gwhEFgptJbQkuyH1vne-GYbw982mToc3LmcvS083Kg3_UZ22bggycQd0w6nfg (дата обращения: 13.05.2026).

171. Ketchen Jr, D.J., Hult, G.T.M. Bridging organization theory and supply chain management: The case of best value supply chains / D.J. Ketchen Jr, G.T.M. Hult. – Текст: электронный // *Journal of Operations Management*. – 2007. – Vol. 25, Iss. 2. – P. 573-580. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.05.010>.
172. Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty / T. Ramahandry, V. Bonneau, E. Bani[et al.]. – Brussels: European Parliamentary Research Service, 2021. – P. 1-113. – № PE 697.184. – URL: <https://doi.org/10.2861/24482>. – Текст: электронный.
173. Kim, J., Sovacool, B.K., Bazilian, M.[et al.]. Decarbonizing the iron and steel industry: A systematic review of sociotechnical systems, technological innovations, and policy options / J. Kim, B.K. Sovacool, M. Bazilian[et al.]. – Текст: электронный // *Energy Research & Social Science*. – 2022. – Vol. 89. – P. 102565. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102565>.
174. Lee, J.-D., Choi, S., Kim, K.[et al.]. Empirical Measurement of Technology Sovereignty. – Available at SSRN 5145685. – URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5145685 (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.
175. Levine, H.A. Project portfolio management: a practical guide to selecting projects, managing portfolios, and maximizing benefits / H.A. Levine. – John Wiley & Sons, 2005. – URL: <https://www.google.com/books?hl=ru&lr=&id=7WhvDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=choosing+projects+for+portfolio&ots=DkfSqaQy-8&sig=kr5Rjari-tOcqVoER0IgqlJnxwoQ> (дата обращения: 14.08.2024).
176. Liesiö, J., Kee, T., Malo, P. Modeling project interactions in multiattribute portfolio decision analysis: Axiomatic foundations and practical implications / J. Liesiö, T. Kee, P. Malo. – Текст: электронный // *European Journal of Operational Research*. – 2024. – Vol. 316, Iss. 3. – P. 988-1000. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.02.015>.

177. Liesiö, J., Salo, A., Keisler, J.M.[et al.]. Portfolio decision analysis: Recent developments and future prospects / J. Liesiö, A. Salo, J.M. Keisler, A. Morton. – Текст: электронный // *European Journal of Operational Research*. – 2021. – Vol. 293, Iss. 3. – P. 811-825. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.12.015>.

178. Liu, Y., Guo, X., Hu, F. Cost-benefit analysis on green building energy efficiency technology application: A case in China / Y. Liu, X. Guo, F. Hu. – Текст: электронный // *Energy and Buildings*. – 2014. – Vol. 82. – P. 37-46. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.008>.

179. Made in China 2025 - Modernizing China's Industrial Capability. – Institute for Security and Development Policy. – URL: <https://www.isdp.eu/publication/made-china-2025/> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

180. Manning, C.G. Technology Readiness Levels. – NASA. – 27.09.2023. – URL: <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/> (дата обращения: 26.06.2024). – Текст: электронный.

181. March, C., Schieferdecker, I. Technological Sovereignty as Ability, Not Autarky / C. March, I. Schieferdecker. – Текст: электронный // *International Studies Review*. – 2023. – Vol. 25, Iss. 2. – URL: <https://academic.oup.com/isr/article/doi/10.1093/isr/viad012/7151276> (дата обращения: 13.05.2026).

182. Moore, J.F. Predators and prey: a new ecology of competition / J.F. Moore // *Harvard Business Review*. – 1993. – Vol. 71, Iss. 3. – P. 75-86.

183. Nippon Steel Corporation. Nippon Steel's Green Transformation (GX) Initiatives. – Nippon Steel Corporation. – 13.03.2025. – URL: https://www.nipponsteel.com/en/ir/library/pdf/20250313_100.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

184. Outline of the 14th Five-Year Plan for Economic and Social Development and Long-Range Objectives through the Year 2035 of the People's Republic of China / National People's Congress of the People's Republic of China. – National Development and Reform Commission of the People's Republic of China, 2021. – URL:

<https://en.ndrc.gov.cn/policies/202203/P020220315511326748336.pdf> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

185. Patro, S.G.K., Sahu, K.K. Normalization: A Preprocessing Stage / S.G.K. Patro, K.K. Sahu. – arXiv, 2015. – arXiv:1503.06462. – URL: <http://arxiv.org/abs/1503.06462> (дата обращения: 29.06.2024). – Текст: электронный.

186. Peerally, J.A., Santiago, F., De Fuentes, C.[et al.]. Towards a firm-level technological capability framework to endorse and actualize the Fourth Industrial Revolution in developing countries / J.A. Peerally, F. Santiago, C. De Fuentes, S. Moghavvemi. – Текст: электронный // Research Policy. – 2022. – Vol. 51, Iss. 10. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733322000877> (дата обращения: 12.12.2025).

187. Pigola, A., Da Costa, P.R., De Souza Meirelles, F. Technological Capabilities on Business Outcomes: Evidence from Meta-Analysis and FsQCA / A. Pigola, P.R. Da Costa, F. De Souza Meirelles. – Текст: электронный // Information Systems Management. – 2025. – Vol. 42, Iss. 2. – P. 120-137. – URL: <https://doi.org/10.1080/10580530.2024.2347528>.

188. Press Information Bureau, Government of India. PM Gives a Clarion Call for Atmanirbhar Bharat. – Press Information Bureau, Government of India. – 12.05.2020. – URL: <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1623391> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

189. Press Information Bureau, Government of India. Prime Minister Shri Narendra Modi's Address to the Nation. – Press Information Bureau, Government of India. – 12.05.2020. – URL: <https://www.pib.gov.in/PressReleaseDetail.aspx?PRID=1623418> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

190. Publications Output: U.S. Trends and International Comparisons. – NSF - National Science Foundation. – 11.12.2023. – URL: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb202333> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

191. Qiu, B., Dou, Y., Chen, Z. Optimizing Multi-Stage Project Portfolio Selection Considering Integrating Lifecycle and Interactions / B. Qiu, Y. Dou, Z. Chen. – Текст: электронный // Systems. – 2024. – Vol. 12, Iss. 10. – URL: <https://www.mdpi.com/2079-8954/12/10/414> (дата обращения: 05.11.2025).
192. Ranjbar, M., Nasiri, M.M., Torabi, S.A. Multi-mode project portfolio selection and scheduling in a build-operate-transfer environment / M. Ranjbar, M.M. Nasiri, S.A. Torabi. – Текст: электронный // Expert Systems with Applications. – 2022. – Vol. 189. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417421014639> (дата обращения: 05.11.2025).
193. Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons. – NSF - National Science Foundation. – URL: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20246> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.
194. Senna, P.P., Barros, A.C., Bonnin Roca, J.[et al.]. Development of a digital maturity model for Industry 4.0 based on the technology-organization-environment framework / P.P. Senna, A.C. Barros, J. Bonnin Roca, A. Azevedo. – Текст: электронный // Computers & Industrial Engineering. – 2023. – Vol. 185. – P. 109645. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109645>.
195. Steel – Breakthrough Agenda Report 2024 – Analysis. – IEA. – URL: <https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2024/steel> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.
196. Steelie Awards winners 2024. – worldsteel.org. – URL: <https://worldsteel.org/steelie-awards-2024-winners/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.
197. Stegra. – 27.04.2026. – URL: <https://stegra.com/en> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.
198. Stegra (Formerly H2 Green Steel): Steel – Sweden / OECD. – OECD Clean Energy Finance and Investment Mobilisation Programme, 2024. – URL: <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/programmes/cefim/green->

hydrogen/update-case-studies/H2-Green-Steel-Case-Study-2024.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

199. Sustainability Report 2024 / Северсталь. – ПАО «Северсталь», 2025. – URL:

https://severstal.com/upload/iblock/c8d/5p9hb1aaamx5s9i0r6ppniycnqyuzmc0/Severstal_Sustainability_Report_2024.pdf (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

200. Sustainability Report 2024 / ArcelorMittal. – ArcelorMittal, 2025. – URL: <https://cdn.arcelormittal.com/media/tftkqzrq/2024-sustainability-report.pdf> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

201. Sustainability Reports. – POSCO ESG. – URL: <https://sustainability.posco.com/S91/S91F10/eng/cmspage.do?mmcd=1750730562007019> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

202. Tang, Y. Financing Pioneering Green Industry Projects: A Case Study. – BloombergNEF. – 20.06.2024. – URL: <https://about.bnef.com/insights/industry-and-buildings/financing-pioneering-green-industry-projects-a-case-study/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

203. Tello-Gamarra, J., Fitz-Oliveira, M. Technological capability and performance in developing countries: A meta-analysis / J. Tello-Gamarra, M. Fitz-Oliveira. – Текст: электронный // Journal of Engineering and Technology Management. – 2023. – Vol. 68. – P. 101753. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2023.101753>.

204. The Standard for Portfolio Management – Fourth Edition. – Project Management Institute. – URL: <https://www.pmi.org/standards/for-portfolio-management> (дата обращения: 05.11.2025). – Текст: электронный.

205. Tolstykh, T., Gamidullaeva, L., Shmeleva, N. Elaboration of a Mechanism for Sustainable Enterprise Development in Innovation Ecosystems / T. Tolstykh, L. Gamidullaeva, N. Shmeleva. – Текст: электронный // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – Vol. 6, Iss. 4. – URL: <https://www.mdpi.com/2199-8531/6/4/95> (дата обращения: 14.08.2024).

206. UN Comtrade Database. – URL: <https://comtradeplus.un.org/> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

207. Unlocking potential in the global scrap steel market: Opportunities and challenges / OECD. – Paris: OECD Publishing, 2024. – (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers ; № 170). – URL: https://www.oecd.org/en/publications/unlocking-potential-in-the-global-scrap-steel-market_d7557242-en.html (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

208. WIPO IP Statistics Data Center. – URL: <https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/indicator> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

209. World Steel in Figures 2025. – worldsteel.org. – URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2025/> (дата обращения: 13.05.2026). – Текст: электронный.

210. Wu, X., Meng, J., Liang, X.[et al.]. Technological pathways for cost-effective steel decarbonization / X. Wu, J. Meng, X. Liang[et al.]. – Текст: электронный // Nature. – 2025. – Vol. 647, Iss. 8088. – P. 93-101. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09658-9>.

211. Xi, J. Strengthening Basic Research to Achieve China's High-Level Self-Reliance and Strength in Science and Technology / J. Xi. – Текст: электронный // Qiushi. – 2023. – URL: https://english.www.gov.cn/news/202307/31/content_WS64c76d51c6d0868f4e8de405.html (дата обращения: 13.05.2026).

212. Yildirim, A., Clarysse, B., Wright, M. The impact of institutional voids and ecosystem logics in the spread of ecosystems in emerging economies / A. Yildirim, B. Clarysse, M. Wright. – Текст: электронный // Industry and Innovation. – 2022. – Vol. 29, Iss. 5. – P. 649-671. – URL: <https://doi.org/10.1080/13662716.2021.2007760>.

213. Zafar, M.Q., Sajjad, R., Anwar, M.T.[et al.]. A Review on Metal Additive Manufacturing - Types, Applications and Future Trends / M.Q. Zafar, R. Sajjad, M.T. Anwar[et al.]. – Текст: электронный // Recent Progress in Materials. – 2025. – Vol. 7, Iss. 1. – P. 006. – URL: <https://doi.org/10.21926/rpm.2501006>.

214. Zamora Iribarren, M., Garay-Rondero, C.L., Lemus-Aguilar, I.[et al.]. A Review of Industry 4.0 Assessment Instruments for Digital Transformation / M. Zamora Iribarren, C.L. Garay-Rondero, I. Lemus-Aguilar, R.E. Peimbert-García. – Текст: электронный // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, Iss. 5. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/5/1693> (дата обращения: 12.12.2025).

215. Zerka, P., Puglierin, J. European Sovereignty Index. – European Council on Foreign Relations. – 2022. – URL: <https://ecfr.eu/special/sovereignty-index/> (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Характеристики экспертов

Таблица А.1 – Характеристики экспертов

№	Сфера работы / подразделение	Должностной уровень и функция в рабочей группе	Образование / степень	Область экспертной компетенции в рамках исследования	Опыт работы, лет
1	Производственный блок	Руководитель производственного подразделения; участник рабочей группы по модернизации производственных мощностей	Высшее техническое образование	Технологическая реализуемость проектов, производственные ограничения, ремонтные окна, риски внедрения на действующем производстве	18
2	Технологическая служба / главный технолог	Ведущий технолог; участник научно-технического совета предприятия	Высшее техническое образование, к.т.н.	Оценка технологической готовности, совместимости решений с действующими агрегатами, влияния проектов на качество продукции	25
3	Проектный офис / инвестиционно-технологический комитет	Руководитель проекта; координатор портфеля технологических инициатив	Высшее экономическое / управленческое образование	Портфельная приоритизация, сроки реализации, ресурсная реализуемость, организация межфункционального взаимодействия	12
4	Финансово-экономический блок	Руководитель направления инвестиционного анализа; участник инвестиционного комитета	Высшее экономическое образование	Расчет CAPEX/OPEX, NPV, IRR, бюджетных ограничений, эффектов мер государственной поддержки	14
5	Служба закупок, снабжения и импортозамещения	Руководитель направления стратегических закупок; участник рабочей группы по локализации поставок	Высшее экономическое / высшее техническое образование	Оценка зависимости от поставщиков, локализация критических материалов и оборудования, устойчивость цепочек поставок	15
6	Цифровой офис / ИТ и АСУ ТП	Руководитель направления промышленной автоматизации; участник рабочей группы по цифровой трансформации	Высшее техническое образование	Оценка зависимости от промышленного ПО, совместимости цифровой архитектуры, данных MES/APS/АСУ ТП и цифрового эффекта	11
7	НИОКР / инженерный центр	Главный специалист инженерного центра; участник рабочей группы по опытно-промышленным испытаниям	Высшее техническое образование, к.т.н.	Оценка НИОКР, технологической новизны, TRL, потребности в опытно-промышленных испытаниях и развитии компетенций	17
8	ESG / промышленная экология и охрана труда	Руководитель направления экологического сопровождения проектов; участник ESG-комитета	Высшее техническое / экологическое образование	Оценка экологических и социальных эффектов, соответствия требованиям НДТ, промышленной безопасности и регуляторного комплаенса	10
9	HR / организационное развитие и обучение персонала	Руководитель направления развития персонала; участник рабочей группы по кадровому обеспечению проектов	Высшее управленческое / психологическое образование	Оценка кадровой обеспеченности, потребности в обучении, готовности персонала к внедрению технологических и цифровых решений	13
10	Блок рисков, правового сопровождения и комплаенса	Руководитель направления корпоративных рисков / юрист проектного сопровождения	Высшее юридическое / экономическое образование	Оценка проектных, регуляторных и договорных рисков, рисков интеграционного взаимодействия и мер митигации	12

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акт о внедрении (ООО «Металз энд Майнинг Инт»)



ООО «Металз энд Майнинг Инт»
ИНН 7728838496
КПП 772901001

119311, г. Москва,
проспект Вернадского, дом 8А,
этаж 6, пом. XVI, ком. 7, 8

+7 499 703 30 38

info@metalsmining.ru

18.09.2026 год

АКТ

О внедрении результатов диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата экономических наук
Великого Василия Александровича на тему:

«Формирование организационно-экономического механизма развития металлургических предприятий в условиях укрепления технологического суверенитета»

Настоящим подтверждаем, что материалы диссертационного исследования В. А. Великого внедрены в деятельность ООО «Металз энд Майнинг Инт» и применяются в консультировании металлургических предприятий и органов исполнительной власти, в том числе в целях оценки и прогнозирования развития как отдельных предприятий, так и металлургической отрасли. В перечень внедренных разработок В. А. Великого входят:

- Подход для оценки технологического развития и технологического суверенитета металлургических предприятий;
- Подход для формирования предложений по реализации политики технологического суверенитета металлургическим предприятиям через формирование промышленных экосистем и ожидаемого эффекта и рисков реализации для каждого участника;
- Организационно-экономический механизм реализации проектов технологического развития предприятий металлургической отрасли с целью формирования оценки технологического потенциала предприятия и прогнозирования сценариев его технологического развития для обеспечения укрепления технологического суверенитета.

Генеральный директор ООО «Металз энд Майнинг Инт»

В. Ю. Калашникова



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт о внедрении

(ФГАУ «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
**Научно-исследовательский институт
Центр экологической промышленной
политики**
(ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)

141006, Московская область, г. Мытищи,
Олимпийский проспект, д. 42
Тел.: +7(495) 583-65-83, +7(495) 240-00-00
E-mail: info@eipc.center
ОКПО: 01877509, ОГРН: 1025003533037
НИИ 5029006847, КПП 502901001
От 27.08.2026 г. № 02-2/898

В диссертационный совет,
созданный на базе
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
технологический университет
«МИСИС»

АКТ

**о внедрении результатов диссертационного исследования на соискание учёной
степени кандидата экономических наук
Великого Василия Александровича на тему:
«Формирование организационно-экономического механизма развития
металлургических предприятий в условиях укрепления технологического
суверенитета»**

Настоящим подтверждаю, что материалы диссертационного исследования
В. А. Великого используются в научно-исследовательской практике ФГАУ НИИ
«ЦЭПП» в рамках выполнения комплекса работ по следующей тематике:

– «Научное обоснование направлений формирования технологического
лидерства в металлургии».

Использованы следующие разработки В. А. Великого:

– система показателей для оценки эффективности политики промышленного
развития и интегральный индекс для оценки достигнутого уровня технологического
суверенитета и степени продвижения к целевым ориентирам промышленной
политики;

– система оценки импортнезависимости технологических проектов
металлургического предприятия для сопоставления проектов по экономическим,
эколого-социальным, технологическим и прочим параметрам;

– подход к реализации политики технологического суверенитета
металлургических предприятий через формирование промышленных экосистем,
включающий несколько этапов, начиная от скрининга участников и заканчивая
реализацией и мониторингом.

Научный руководитель ФГАУ НИИ «ЦЭПП»,
д.т.н., проф.



Т. В. Гусева

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акт о внедрении (ООО «Литейный завод «Стандарт»)



ООО ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «СТАНДАРТ»
423825, Республика Татарстан, Набережные Челны,
Московский пр-кт, д 140, помещ. 114
ИНН 1650360394 КПП 165001001
БИК 049205525 р/с 40702810400000005931000
«Камкомбанк» к/с 30101810522029205525

Тел.: 8 965 590 42 46

АКТ

**О внедрении результатов диссертационного исследования на соискание
ученой степени кандидата экономических наук Великого Василия**

Александровича на тему:

**«Формирование организационно-экономического механизма развития
металлургических предприятий в условиях укрепления технологического
суверенитета»**

Настоящим подтверждаем, что итоги диссертационного исследования В. А. Великого внедрены и используются в деятельности компании ООО «Литейный завод «Стандарт», в частности следующие результаты:

- алгоритм оценки технологического потенциала и сценариев его развития в компании через применение предлагаемого организационно-экономического механизма реализации проектов технологического развития компании в отрасли;
- система для оценки импортонезависимости выбранных компанией технологических проектов и модель управления их портфелем с целью обоснования выбранного состава и формирования дорожной карты по реализации проектов.

Исполнительный директор
ООО «Литейный завод «Стандарт»



Якименко Марина Владимировна

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Акт о внедрении (ООО «ПромТехСервис»)

ООО «ПромТехСервис»

603003, г. Нижний Новгород,
ул. Энгельса, д.29, помещение П2
ИНН 5263060506 КПП 526301001
Р/сч 40702810103000000049
в Приволжском ф-ле ПАО «Промсвязьбанка»
БИК 042202803 к/сч 30101810600000000803
Лицензия № 078 от 16.02.2017г.
т/ф. (831) 4351889

АКТ

О внедрении результатов диссертационного исследования на соискание
ученой степени кандидата экономических наук Великого Василия
Александровича на тему:
«Формирование организационно-экономического механизма развития
металлургических предприятий в условиях укрепления
технологического суверенитета»

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертационного исследования
В. А. Великого внедрены в деятельность компании ООО «ПромТехСервис».

Среди предлагаемых в исследовании инструментов, подходов,
механизмов и систем компанией используются следующие:

- интегральный индекс для оценки достигнутого уровня
технологического суверенитета компанией для формирования первичного
понимания уровня и разработки дальнейших действий компании для
обеспечения достижения национальных целей;
- система оценки импортонезависимости проектов компании и
модель управления их портфелем для формирования сбалансированного
потенциала проектов, оценки ожидаемых результатов и выявления рисков и
прочих ограничений.

Директор



П.С. Сафонов